Dr. Fritz Kahn: O LIVRO DA NATUREZA

Tomo I

TOMO I:
Páginas 1 a 358

TOMO II:
Páginas 1 a 499

Dr. FRITZ KAHN

O LIVRO DA NATUREZA

A IMAGEM DO UNIVERSO À LUZ DA CIÊNCIA MODERNA,
NUMA EXPOSIÇÃO ACESSÍVEL A TODOS

Tomo I

ESPAÇO E TEMPO / FÔRÇA E MATÉRIA
O FIRMAMENTO / A TERRA / A VIDA

Com 153 ilustrações, na maioria esboçadas pelo autor

Tradução de Catharina Baratz Cannabrava

4.ª EDIÇÃO

EDIÇÕES MELHORAMENTOS

Título do original alemão: DAS BUCH DER NATUR

Todos os direitos reservados pela
Comp. Melhoramentos de São Paulo, Indústrias de Papel
Caixa Postal 8120, São Paulo

Ax
VII-1963

Nos pedidos telegráficos basta citar o cód. 0-03-060

DEDICATÓRIA

ESTA obra é dedicada a todos aquêles que desejam adquirir uma noção clara do que é o mundo à luz da ciência moderna, livre do lastro pesado das minúcias técnicas. Estamos aqui diante de um livro que, desde os eléctrons até as vias-lácteas e do vírus até o homem, nos faz refletir sôbre o mistério da nossa existência.

NÚMEROS USADOS NA LITERATURA ASTROFÍSICA E ATÔMICA

O presente livro é a tradução de famosa obra alemã. Por isso, segue quanto à denominação dos números grandes — além de 1 milhão — o costume alemão (que, embora igual ao inglês, difere do brasileiro):

1 bilhão = 1 milhão × 1 milhão (no Brasil seria 1 000 × 1 milhão);
1 trilhão = 1 milhão × 1 bilhão (no Brasil seria 1 000 × 1 bilhão bras.);
1 quatrilhão = 1 milhão × 1 trilhão (no Brasil seria 1 000 × 1 trilhão bras.).

Considerando-se isso, 1 bilhão, no texto dêste livro corresponde a 1 trilhão brasileiro (12 zeros); 1 trilhão no livro corresponde a 1 quintilhão brasileiro (18 zeros), etc.

ÍNDICE DO TOMO I

Primeira Parte

IMAGEM DO MUNDO DA FÍSICA MODERNA
ESPAÇO E TEMPO / FÔRÇA E MATÉRIA

Capítulo I — Espaço e tempo 13

1) O domicílio do homem no universo 13

2) O espaço, fora do cérebro humano, uma realidade incognoscível, dentro, um conceito vago 13

3) O espaço da física clássica: um vácuo em que átomos invariáveis são movidos por "fôrças", segundo "férreas leis" 16

4) O espaço da física moderna. I: o espaço, campo da relatividade, sem possibilidade de mensurações absolutas 18

5) O espaço da física moderna. II: o espaço, produto das massas, e a estas fatalmente ligado 22

Capítulo II — A matéria cósmica da física clássica 25

1) A matéria cósmica dos filósofos asiáticos Brama e Tao 25

2) A matéria cósmica dos europeus: o éter cósmico 27

3) Quanto é 10^{31}? 28

4) A hipótese dos átomos de éter vagueando com a velocidade da luz 30

Capítulo III — A matéria cósmica da física moderna: do turbilhão de éter de Descartes até o eléctron da atualidade 33

1) Em 1600, Descartes esboça a imagem do turbilhão de éter, precursor da moderna "energia-substância" 33

2) Em 1900: o eléctron, unidade elementar da física atual 36

3) "Picnose", uma das mais belas idéias da história natural, precursora da teoria da natureza ondulatória da matéria 37

Capítulo IV — A energia-substância 39

1) A substituição das fôrças da natureza, de Newton, pela teoria dos campos de fôrça (teoria dos campos) 39

2) A curvatura do espaço determinada pela energia das massas 42

3) Os mundos "supra-sensíveis" e a "quarta dimensão" na imagem do mundo da ciência moderna 45

4) As variações da massa, das medidas e do tempo por influência das variações da energia 47

Capítulo V — O átomo 50

1) Os modelos dos átomos e a sua volatilização de "sistema solar" para "halo" 50

2) A ordem dos átomos segundo o número de seus eléctrons: o sistema periódico dos elementos 53

3) O núcleo do átomo 56

4) A liberação da energia adormecida no núcleo atômico 59

Capítulo VI — A perturbação da tranqüilidade do espaço causada pelos átomos: a radiação 61

1) Os raios produzidos por saltos electrônicos: luz, raios ultravioleta e de Roentgen 61

2) Duas realizações maravilhosas da ciência: a escala dos saltos electrônicos, calculada por Balmer há cem anos atrás e a sua decifração por Niels Bohr 65
3) A explosão do núcleo atômico: a radioatividade 67
4) A radiação gama produzida pela explosão do núcleo atômico 68
5) A radiação cósmica originada pela vinda de prótons do universo 70
6) A dupla natureza da luz: onda e fóton 72
7) A nova imagem do mundo estabelecida pela teoria dos quanta 77

Segunda Parte
O FIRMAMENTO

Capítulo VII — Os métodos de trabalho da astronomia moderna 81
1) Microcosmo e macrocosmo 81
2) Telescópio e foto: olhos com lentes de 5 metros de diâmetro e retina incansável 83
3) O cálculo astronômico. Um desvio do eixo da Terra de 20 cm não passa despercebido 87
4) A análise espectral 90
5) Os 4 instrumentos da astronomia do futuro: rádio e radar, o foguete e a máquina de calcular 96

Capítulo VIII — As unidades do universo: ilhas universais do tipo de nossa Via-Láctea 98
1) A Via-Láctea: uma espiral de 200.000 milhões de sóis 98
2) Os companheiros da Via-Láctea: as nuvens de Magalhães e as 80 formações globulares 103

Capítulo IX — O universo 106
1) 100 milhões de ilhas universais em movimento 106
2) A hipótese da explosão do universo 109
3) A hipótese da pulsação do universo 113
4) A hipótese da renovação do universo 116

Capítulo X — As unidades das Vias-Lácteas: "Sóis" 117
1) A idéia fundamental da pesquisa estelar moderna: a teoria das esferas de gás 117
2) A fonte da energia solar: Hélio dos prótons 119
3) A vida movimentada da esfera solar 122

Capítulo XI — As estrêlas 126
1) Pequenas esferas de gás a grandes distâncias 126
2) As relações recíprocas das esferas de gás: estrêlas isoladas, estrêlas duplas e aglomerados de estrêlas 128
3) A natureza das estrêlas: esferas de gás que revelam uma vida agitada 132
4) Novas estrêlas: comunicações feitas acêrca do nascimento e morte no universo 134
5) O movimento das estrêlas 137
6) A vida das estrêlas 139

Capítulo XII — O sistema planetário 144
1) O nascimento do sistema planetário 144
2) A estrutura do sistema planetário 147
3) Os 4 planêtas anões do interior: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte 151
4) O anel dos planetóides 157
5) Os dois planêtas gigantes: Júpiter e Saturno 161
6) Os três planêtas exteriores: Urano, Netuno e Plutão 165
7) Os comêtas 170
8) Os aerólitos ou pedras meteóricas 175

Capítulo XIII — A Terra e a sua Lua 177
1) A Terra — uma esfera girando irregularmente pelo espaço 177
2) A órbita da Lua — a linha mais complicada e por isso mais estudada na ciência 183
3) O mundo enigmático que é a Lua 190
4) O que dá e o que toma ao homem a astronomia moderna? 194

Terceira Parte
A TERRA

Capítulo XIV — A estrutura do globo terrestre 199
1) O relógio da história terrestre caminha devagar 199
2) Origem e idade da Terra 202
3) Dimensão e pêso do globo terrestre 202
4) A construção do globo terrestre — caminhamos sôbre uma casca de ôvo .. 204

Capítulo XV — O livro de pedra da história da Terra 207
1) Os capítulos no livro da história da Terra: os períodos 207
2) As fôlhas no livro da história da Terra: as camadas 210
3) Os quadros no livro da história da Terra: os fósseis 212

Capítulo XVI — A crosta terrestre inquieta 214
1) A crosta é deslocável sôbre o globo, causando assim a "emigração dos pólos" 214
2) A crosta terrestre é uma enorme massa de rocha e as montanhas sobem ao fermentar nas "amassadeiras" 216

Capítulo XVII — Os continentes flutuantes 220
1) Uma realidade: ilhas e continentes modificam a sua situação geográfica 220
2) Uma teoria: os continentes da atualidade são frações de grandes continentes primordiais 222
3) Os movimentos continentais do passado: duas grandes massas de terra. Laurásia do Norte e Gonduana do Sul lutam desde tempos primitivos pelo Equador 225
4) Os movimentos continentais do presente: a África rasga-se, a América flutua em direção oeste e a Polinésia dispersa-se 228
5) A Atlântida desaparecida — Realidade ou mito? 233

Capítulo XVIII — O ar 238
1) A atmosfera inferior: troposfera e estratosfera 238
2) A atmosfera superior: cascas de cebola de gases quentes alternados 240
3) O sistema circulatório do ar 243

Capítulo XIX — A água 245
1) A água sobe na atmosfera: estação terminal — nuvem 245
2) A água que subiu desloca-se como ciclone e regressa à Terra como chuva 248
3) O mapa meteorológico 254
4) A água se infiltra pelas camadas e atinge a estação subterrânea: "nível da água do subsolo" 256
5) A água alcança a estação terminal de sua viagem circular: o mar 258

Capítulo XX — O solo 264
1) A vida do solo — uma luta contra as fôrças da destruição 264
2) O primeiro inimigo: a gravidade 265
3) O segundo inimigo: a água 268
4) O terceiro inimigo: a variação da temperatura 276
5) O quinto inimigo: o vento 277
6) O produto do vento sêco: o deserto 279
7) "Uma geração vem e uma geração vai, mas a Terra dura eternamente" ... 282

Quarta Parte
A VIDA

Capítulo XXI — Do eléctron até a molécula 287
1) Por que se combinam átomos? 287
2) Pela combinação dos átomos criam-se as moléculas 287
3) Moléculas combinam-se, surgindo os cristais 290

Capítulo XXII — Da molécula do carbônio até o mosaico da albumina 294
1) Por que o mundo da vida é um mundo do carbônio? 294
2) A natureza cria as cadeias naturais do carbônio desde o petróleo até a celulose 296
3) O homem cria cadeias de carbônio artificiais, e daí resultam os produtos sintéticos, desde o celulóide até a borracha artificial 298
4) Os átomos do carbônio formam o ciclo benzol, a substância-máter das combinações cíclicas desde a aspirina até a penicilina 301
5) Os ácidos que contêm carbônio, pela admissão de amoníaco, tornam-se aminoácidos, os elos encadeados das albuminas 309

Capítulo XXIII — Da molécula da albumina ao vírus 312
1) A micela 312
2) Cristais líquidos 313
3) O vírus, ser meio vivo 314

Capítulo XXIV — Do protoplasma à célula 318
1) O verdadeiro ser vivo: protoplasma 318
2) O protoplasma toma corpo e forma células 321
3) A multiplicação das células pela divisão celular 322

Capítulo XXV — A conservação do tipo celular pela hereditariedade 325
1) A drosófila, a mósca do cromossomo, o animal de criação da pesquisa de hereditariedade 325
2) O portador hipotético da hereditariedade: o gene 327
3) Os genes distribuem-se conforme regras descobertas pelo monge Mendel: as leis de Mendel 331
4) Os genes podem ser observados através da árvore genealógica das gerações 336

Capítulo XXVI — A modificação do tipo celular pelo ambiente e mutação 340
1) Poder e limites da hereditariedade 340
2) A maior descoberta do século em biologia: o salto quântico no gene, a mutação, a causa há muito procurada, que determina "a origem das espécies" 344
3) A primeira causa para as mutações: saltos-quanta nos átomos dos genes pela influência de raios 345
4) A segunda razão das mutações: o chamado "crossing over", a despedida dilacerante de cromossomos na divisão das células reprodutoras 349
5) O sentido da mutação para a evolução histórica e o destino do gênero humano 353

Primeira Parte

IMAGEM DO MUNDO NA FÍSICA MODERNA
ESPAÇO E TEMPO / FÔRÇA E MATÉRIA

Ens unum infinitum et aeternum
O ente único, infinito e eterno.

(Spinoza)

Capítulo I

ESPAÇO E TEMPO

1) O domicílio do homem no universo

Eis o Universo: espaço, sem princípio e sem fim. Escuro, vazio, frio, — 270° no espaço interestelar. Através da silenciosa noite dêste espaço, movem-se esferas luminosas, afastadas umas das outras por inimagináveis distâncias: os sóis. Em tôrno dêstes, a distâncias também inimagináveis, perdidas no espaço, giram esferazinhas que, dos "seus sóis", recebem luz e calor: os planêtas. Uma destas esferazinhas, deslizando solitária à luz de um dos inumeráveis sóis do espaço infinito, é a Terra.

Eis o domicílio do homem no Universo.

2) O espaço, fora do cérebro humano, uma realidade incognoscível, dentro, um conceito vago

Como qualquer fenômeno do mundo, o espaço é dúplice: em primeiro lugar, uma realidade, isto é, algo que existe fora do nosso cérebro, no mundo exterior; e, em segundo lugar, uma representação que nós formamos dessa realidade no nosso cérebro. Fora do nosso cérebro, a realidade é qualquer coisa de substancial. As representações que dessa "realidade" nós criamos, são produtos do cérebro humano e mudam de homem para homem e de geração para geração (Fig. 1).

Ao canto da minha escrivaninha está um gato. O que é um gato tôda gente julga sabê-lo. Na verdade, ninguém o sabe. Perguntemos às pessoas o que é um gato e logo apreendemos o que qualquer indivíduo imagina ser um gato, mas ninguém nos pode dizer o que *é* um gato. Das coisas, o homem não sabe o que elas são, porém apenas o que a respeito delas êle pensa, e, segundo uma regra psicológica que se poderia designar por "autoconsciência recíproca", crêem os homens tanto melhor conhecer uma coisa, quanto menos dela sabem. A criança exclama, rindo: não saberei eu o que é um gato?! Mas o filósofo sabe que está diante de um problema insolúvel. É possível, num segundo, perfurar o gato com uma agulha; mas nem em quarenta anos de pesquisa diária, será possível penetrar um milímetro sequer, na alma desta criatura que para todos os tempos continuará a ser uma Esfinge no canto da nossa escrivaninha...

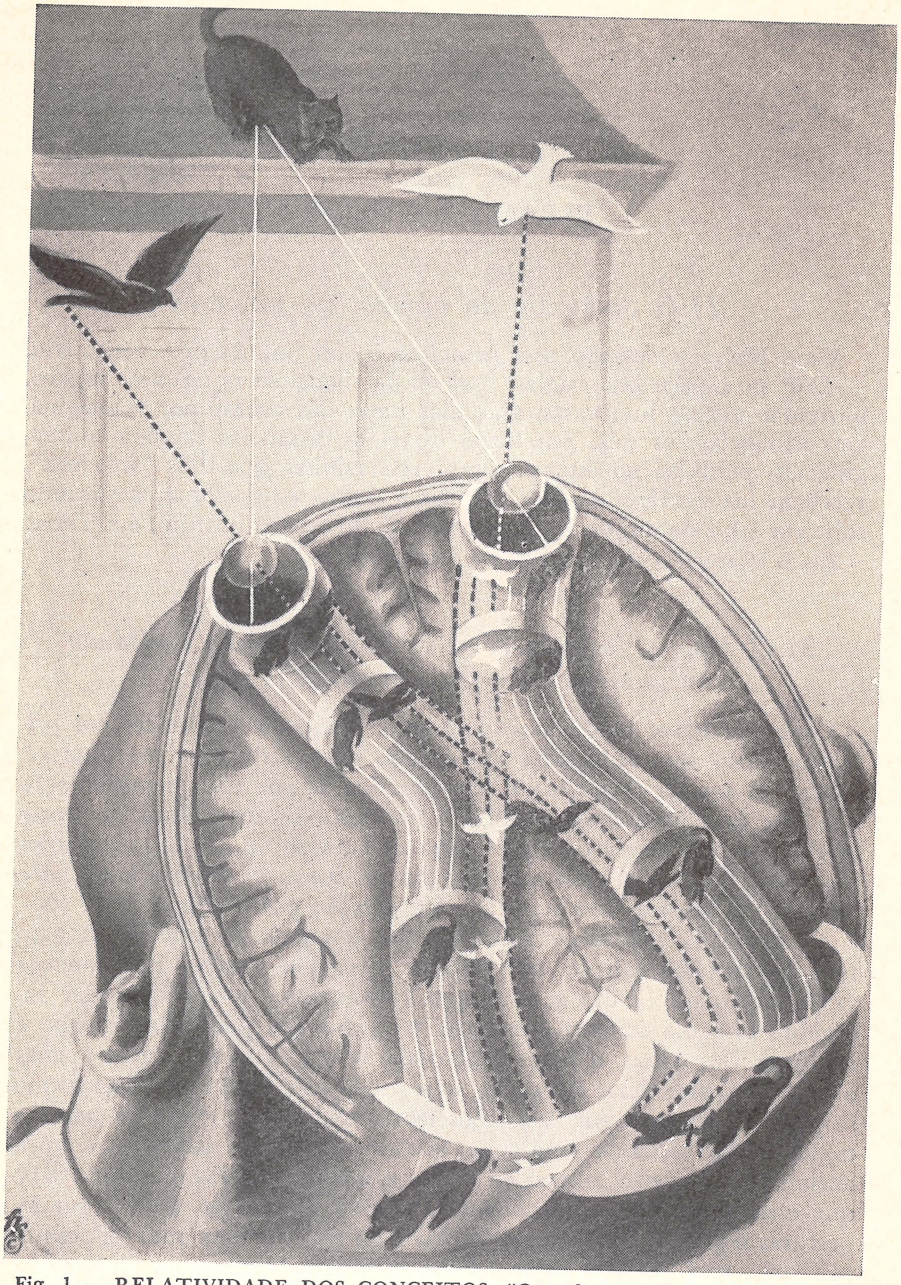


Fig. 1 — RELATIVIDADE DOS CONCEITOS. "Quando os meus olhos te vêem", diz Li Tsung a um amigo, "somos três: primeiro eu, depois tu e por fim tu em mim".

Só quem bem compreende a natureza da ciência, poderá com proveito e prazer, e sem perplexidades, aplicar-se aos estudos científicos. Ciência não é "coleção de conhecimentos" nem "busca da verdade", mas sim formação de conceitos. A física não nos conta "fatos", pois os seus têrmos: massa, energia, velocidade, não são realidades, e sim os *"conceitos* fundamentais da física", como aliás muito bem se diz, mas que freqüentemente nos escapa durante a leitura. São instrumentos do pensamento, artificialmente construídos, tais, como as chaves de parafusos, são instrumentos que servem para abrir um motor, o qual nada tem a ver com chaves de parafusos; são escadas, pelas quais subimos a uma casa eternamente fechada. Nós, homens de 1952, denominamos determinado estado "matéria", a alteração dêste estado "movimento", certa relação entre dois estados "gravitação". Aristóteles não conhecia o conceito de atração e não teria podido discutir com Newton. Newton, por sua vez, não poderia intervir num atual congresso de físicos, pois os conceitos de campo, de *quantum,* de salto electrônico, não existiam para êle. Goethe e Shakespeare, diante de um jornal moderno, se sentiriam quase analfabetos. "Apartamento de três quartos, com elevador, garagem, aquecimento central, rádio, telefone, próximo da estação de trens, parada de ônibus em frente" seria como um criptograma para os poetas do "Fausto" e do "Hamlet". O progresso é aquisição de novos conceitos. Mas o significado dos conceitos antigos também muda. 'Mãe, dá-me o Sol!" Que é o "Sol"? Para os gregos representava o ígneo carro em que Hélio com seus cavalos andava por sôbre a Terra. Para o homem da época gótica, era o ôlho de Deus. Depois Galileu o identificou com uma esfera de fogo. Porém, ainda no belo livro do Padre Secchi, que estudamos em nossa mocidade, não constava senão a quarta parte daquilo que nós hoje pensamos ao falar do Sol. Eléctrons e raios-gama, prótons e núcleos de hélio, ainda não existiam, então, como conceitos, no cérebro humano. Nós pensamos hoje o que há cem anos ninguém poderia pensar, e nenhum de nós pode formar idéia daquilo que os homens imaginarão daqui a cem anos quando pronunciarem a palavra "Sol". Será algo muito diverso do que pensava o Osvaldo de Ibsen quando dizia no início de sua alienação mental: "Mãe, dá-me o Sol!"

"Espaço" é o primeiro dos conceitos que vamos conhecer. É o mais difícil de todos. De "gato" ou "Sol", podemos, pelo menos, ter uma idéia, errada ou certa. O espaço, todavia, não podemos imaginá-lo; pois só é possível compreender conceitualmente aquilo de que podemos pensar o contrário. Assim podemos dizer *dia,* porque a *noite* existe, *vida,* porque conhecemos a *morte, silêncio,* porque há *ruído.* Se não houvesse ruído, não haveria o conceito de silêncio. Não é possível representarmo-nos o espaço, porque não podemos imaginar o contrário do espaço, o não-espaço. Estamos, como diz Einstein, tão profundamente mergulhados no espaço, como um peixe nas águas do

oceano. Como êste jamais chegará ao conhecimento de que se encontra no oceano, assim o homem jamais saberá o que seja o espaço. Teria que vir um pescador que nos tirasse para fora dêle. Virá um. Mas, então, já será demasiado tarde...

3) O espaço da física clássica: um vácuo em que átomos invariáveis são movidos por "fôrças", segundo "férreas leis"

A ciência, como seu nome o diz, restringe-se àquilo que é possível saber. Ela sabe que a natureza das coisas é incognoscível; limita-se, portanto, a descrevê-las, e procura, — e essa é a sua finalidade —, a forma mais breve e mais clara. A melhor descrição é a fórmula matemática. No ano de 1500, Leonardo da Vinci escrevia que em cada disciplina há tanta ciência verdadeira quanto houver nela matemática. Tôda ciência almeja tornar-se matemática. Quando, para uma descrição, se consegue a fórmula matemática, não há nada que acrescentar-lhe. $1 + 1 = 2$ é uma fórmula definitiva, além da qual nada há que indagar. Sôbre o comportamento da atmosfera, dos líquidos, gases e correntes elétricas nas circunstâncias cotidianas, nada mais se investiga. Com as leis que os físicos do século XIX descobriram e puseram em fórmulas, a ciência, nesses domínios da física fundamental, chegou à sua finalidade ideal: — a matemática. Ela orienta-se então para problemas, para os quais ainda não foi descoberta nenhuma fórmula. Pode-se muito bem imaginar que a ciência venha a atingir aquêle ponto em que todo o cognoscível fique encerrado em fórmulas matemáticas, e que depois nada haja que indagar. Para além dêste edifício de fórmulas, estará, então, como o céu para além do horizonte da paisagem, a imensidade do incognoscível, o eterno Mistério.

Depois que na Europa Ocidental os espíritos acordados do Renascimento, — como Nicolau de Cusa, Copérnico, Kepler, Galileu —, durante cêrca de duzentos anos exerceram a atividade científica segundo êste moderno princípio, veio Newton. Não era êle, precisamente, aquilo que diz o seu epitáfio, "um ornamento da Humanidade", mas, pelo contrário, pertencia àqueles gênios, relativamente raros, que não cultivaram os seus dons. Era o oposto de Goethe, que, por êsse motivo, o odiava profundamente. Newton era um original extravagante, fechado a tôdas as alegrias da vida, frio, sem a mínima aventura durante tôda a sua longa vida; um homem que nem sequer soube saborear um prato, mas que, desde a manhã até a noite, se embrenhava com afêrro em seus problemas; e êstes, infelizmente, poucas vêzes representavam valor real, pois 70 % das suas fôrças dissipou-os em estudos cabalísticos, e em esforços caprichosos para calcular a data de acontecimentos bíblicos, de tal maneira que deixou, ao que dizem, mais de um milhão e meio de palavras e números, rabiscados por êle próprio, em dezenas de milhares de papéis. Só esporàdicamente se ocupou de

problemas científicos; e de si mesmo êle dizia que apenas nos 18 meses em que teve de habitar a herdade materna, durante a peste em Londres, — quando ainda era rapaz —, foi assaltado por autêntico zêlo científico; depois disso, nunca mais. Quando ocasionalmente era solicitado para ocupar-se de um problema científico, considerava-o quase que um incômodo — conforme suas próprias palavras. Apesar disso, e mesmo em virtude de sua genialidade, deixou uma série de trabalhos e manuscritos, que representam o que de mais significativo a história da física nos transmitiu, pelo que êle é justamente celebrado como o pai da física moderna, o criador da imagem clássica do mundo e o fundador da mecânica universal. Tôda proposição que êle escreve torna-se realmente clássica pela clareza da expressão, pela beleza de estilo comparável à da Antiguidade e pela cristalina agudeza com que enuncia um problema. Da mesma maneira, obras-primas seriam também os seus dificílimos cálculos, na opinião dos poucos que se encontram à altura de os julgar. Pois da anormalidade de sua índole, fazia parte o temor que êle tinha de plágios e controvérsias, — temor inadequado ao seu gênio —, resultando daí ter escrito os trabalhos numa forma de tal maneira difícil que os seus adversários não o entendiam. Newton está para a física, como Homero para a epopéia, Shakespeare para o drama e Bach para a música.

O moço de vinte e dois anos, devido à peste, em exílio forçado na herdade de sua mãe, aí criou o cálculo diferencial e integral, isto é, o método para determinar movimentos não-uniformes, como o de uma pedra caindo no espaço, decompondo êsse movimento em partes diferenciadas. Refletindo sôbre a queda de uma maçã, — o que não é "lenda", como tantas vêzes se afirmou, pois que êle próprio o relata —, é levado ao conceito de *centro*. Com êle, estava descoberto o "Ponto de Arquimedes", o mistério da atração, que os seus contemporâneos em vão se esforçavam por decifrar. Newton não é o descobridor da fôrça da gravidade, nem o criador da lei da gravitação, mas, introduzindo o conceito de "centro", foi o primeiro que pôde fazer cálculos exatos, e então descobriu que a fôrça de atração é efetivamente, como se supunha, aquela forma de energia que mantém e move os astros no espaço. Mediante estas reflexões, que matemàticamente provou por exemplos, criou *"The Frame of the System of the World"*, como êle próprio orgulhosamente o exprimia, e reuniu tôdas as massas, das pedras às estrêlas, num todo, intrìnsecamente ligado pela gravitação, o Universo, e essa foi outra grandiosa e genial realização de Newton. O conceito de "Universo", com que hoje trabalhamos como se fôsse um princípio evidente por si mesmo, é uma criação de Newton.

Segundo as idéias de Newton, o Universo é um espaço vazio e infinito, no qual se movem corpos formados por átomos invariáveis. Êstes átomos Deus os criou e, como materiais de construção do Mundo, são eternos e indestrutíveis. Os corpos são governados por fôrças, e estas obedecem a leis naturais. Espaço vazio, átomos, fôrças e leis naturais, — eis os quatro conceitos fundamentais, sôbre os quais a ima-

gem do mundo de Newton está edificada. A criação dêstes conceitos, a construção de um método de cálculo para trabalhar com êles, o estabelecimento de equações que traduzem em fórmulas êstes conceitos de "massa", "distância", "atração", "movimento", e a concepção de um Universo unitário, por meio dessas noções e dessas fórmulas, — eis o mérito de Newton. Com isso se tornou o criador de uma imagem do mundo simples, clara, matemático-mecânica, que nós denominamos "moderna", e ao mesmo tempo contribuiu para a vitória indiscutível de um método de trabalho rigoroso. Foi uma obra semelhante à de Aristóteles, que tinha criado a ciência européia quando pela primeira vez coligiu e classificou os fenômenos naturais.

Durante duzentos anos se trabalhou com êstes conceitos e métodos de cálculo de Newton, e com êles se alcançou o triunfo da ciência e da técnica modernas, atingindo a altura do nosso pensamento hodierno, — e ainda ultrapassando-o. Pois cada passo no sentido do progresso traz em si o germe de superação. Nos nossos dias, transformaram-se por obra de um novo Newton os conceitos de espaço, tempo, massa, movimento e atração. Com os conceitos também se modificaram os métodos de trabalho. Esta substituição de antigos princípios por outros novos, muito natural na história da ciência, é o que se chama a "Transformação da imagem do mundo".

4) O espaço da física moderna, I: o espaço, campo da relatividade, sem possibilidade de mensurações absolutas

Um viajante segue num trem. Do teto da carruagem desprende-se uma lâmpada e cai-lhe sôbre a cabeça. No tribunal, o companheiro de viagem diz: "A lâmpada caiu do teto perpendicularmente, em linha reta". À pergunta acêrca do comprimento da trajetória, responde: "Cêrca de 1,5 m". (Fig. 2, 1). Um guarda da estrada de ferro, diante de cuja cancela o trem havia passado, presta um testemunho diferente: "A lâmpada não caiu perpendicularmente, mas sim oblìquamente". Ela desprendeu-se quando se começou a divisar a janela do princípio da cancela. Ao cair na cabeça do viajante, o compartimento já estava no outro extremo da cancela. Por conseguinte a lâmpada percorreu cêrca de 10 m". (Fig. 2, 2). Um repórter apresenta uma fotografia fornecida por um "observatório volante" que andava pelos confins da atmosfera e dos espaços interplanetários. Nela se observa que a lâmpada se moveu uns 80 m, de oeste para leste, com o globo terrestre (Fig. 2, 3). Como entrementes chegamos à idade da telefonia interplanetária, é interrogada outra testemunha. Certo observador de um planêta vizinho acompanhou a ocorrência no seu telescópio, e informa que a lâmpada deu uma volta de 20 km, e prova-o; pois o seu planêta movia-se com a velocidade x, a Terra com a velocidade y; o seu

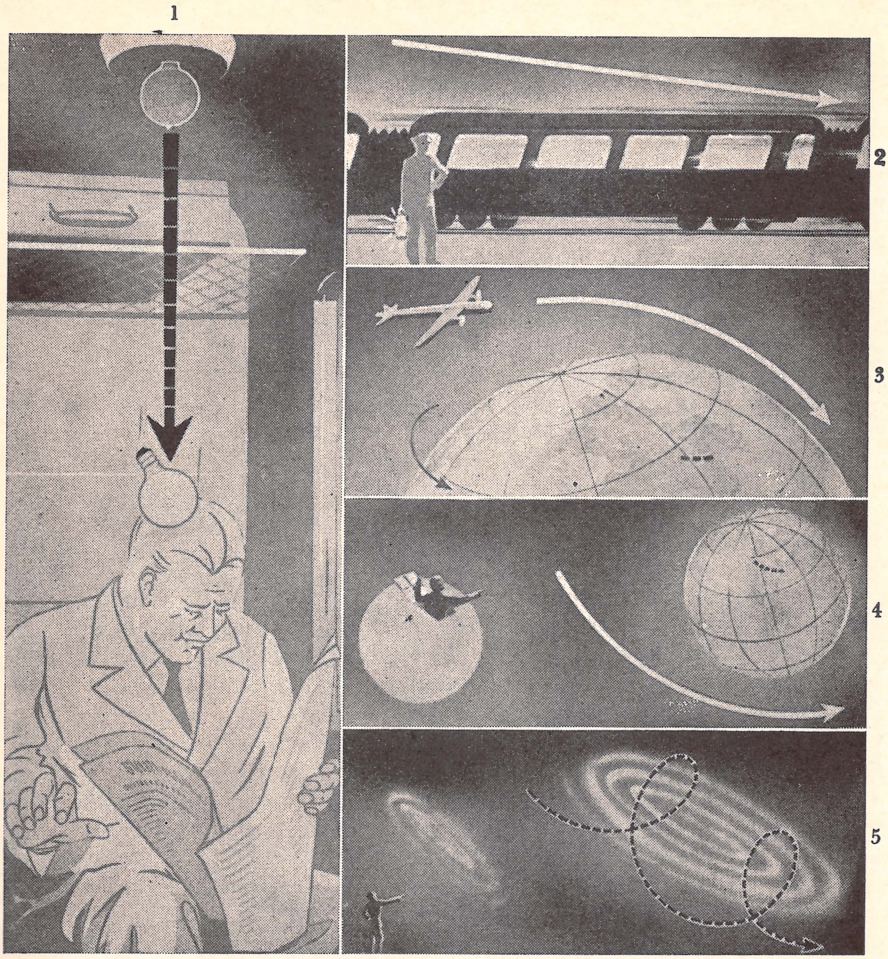


Fig. 2 — RELATIVIDADE DAS MENSURAÇÕES. As mensurações só têm validade dentro de um enquadramento firme, que é o "sistema de referência". Conforme o sistema de referência, cada observador chega a resultados só válidos para sua pessoa. Uma lâmpada que cai "verticalmente" sôbre a cabeça de um viajante da altura de 1,50 m (à esquerda) descreve, conforme o "ponto local" ou o movimento do objeto (trem) ou do observador, diversas linhas de trajeto.

planêta girou o ângulo α, e a Terra o ângulo β, e por conseqüência (Fig. 2, 4).

Êste juízo universal poderia prolongar-se indefinidamente. Uma testemunha do sistema de Sírius demonstraria que a lâmpada percorrera, por mais de 100 km, uma curva complicadíssima; pois tanto o sistema solar, como o sistema de Sírius, se deslocaram. Um observador do outro extremo da Via-Láctea veria prolongar-se a trajetória da lâmpada por centenas de quilômetros; porque tôdas as estrêlas se movem nas es-

pirais do sistema galáctico com velocidades superiores a 100 km/seg. Um observador do nosso mais próximo "universo-irmão", a nebulosa de Andrômeda, falar-nos-ia de uma trajetória que já não poderíamos conceber de modo nenhum (Figs. 2, 5), pois tôdas as vias-lácteas se deslocam vertiginosamente em turbilhões, naquele espaço em que, segundo Newton, os corpos, uma vez postos em movimento, a partir do "repouso", com "velocidades iniciais", continuam movendo-se em "linha reta", "constantemente", até o "infinito".

O que perturba o "indagador da verdade" é que tôdas as testemunhas têm razão. O passageiro vê uma linha perpendicular, o guarda-barreira vê uma linha oblíqua, o homem do outro planêta, uma volta. Resultados e experiências dependem do ponto em que o observador se coloca. Mas o ponto de observação, neste universo em que tudo é revolução, não é fixo e sim movimento e curvatura. Para esta não há medida, pois não existe nenhum lugar fixo. A linha reta, em que, segundo Galileu e Newton, um corpo deverá mover-se até ao infinito e a eternidade, não passa de ficção (Fig. 3).

Quanto às velocidades, também não existem dados de validez universal. Para o aviador que voa ao encontro de uma granada, ela vem chegando com dupla velocidade. Mas se voar ao lado da granada com a mesma velocidade, ela não se move — para êle. Poderia passar-lhe a mão por cima e dizer, como Zenão: "A flecha disparada está em repouso, pois a cada momento, está no seu lugar". Se o avião voasse mais depressa, diria até que a granada se dirige para trás, e para êle assim é. Ninguém sabe com que velocidade um corpo realmente se desloca no universo. A Terra gira a 30 km/seg em tôrno do Sol, o Sol move-se a 120 km/seg pela espiral da Via-Láctea, e esta, provàvelmente, a 160 km/seg através do espaço. Quem poderá dizer então, o que é que se move para diante ou para trás, depressa ou devagar? Nós só podemos dizer com que rapidez um corpo se move em relação ao que o cerca, portanto, que velocidade relativa êle tem.

Também os pesos mudam. Uma bola de ferro pesa mais no pólo do que no equador, no telhado menos do que na rua, no globo terrestre mais do que na Lua. Além disso, as massas alteram-se com a velocidade do movimento e, com a massa e a velocidade, até o tempo se altera (v. pág. 46). A idéia newtoniana de um cosmos ordenado, com espaço vazio, repouso e movimento, de linhas retas e inércia, rebentou como uma bôlha de sabão. Esta era a imagem do mundo, tal como se apresentava ao cidadão de 1700, que, instalado na ordem e na segurança, projetava êsses conceitos no espaço universal. Era o tempo em que se escreviam êstes versos de álbum, tão expressivos quanto falsos:

Se a terra o juízo te confunde,
Olha as estrêlas que não erram nunca.

Em lugar dêste, surgiu o universo do nosso século, inquieto, entrelaçado de curvas incalculáveis e perturbado pela malícia de acontecimentos imprevisíveis.

Fig. 3 — RELATIVIDADE DO PONTO FIXO DE OBSERVAÇÃO. Arquimedes foi o primeiro a reconhecer que no universo não existia "ponto fixo de observação ou de apoio": "Dêem-me um ponto de apoio..."

5) O espaço da física moderna, II: o espaço, produto das massas, e a estas fatalmente ligado

A linha que nós lemos aqui, é "indubitàvelmente" uma linha reta. Imaginemos, porém, que prosseguimos a leitura "em linha reta". Onde chegaríamos? Para além do bordo da mesa, através da janela e das casas vizinhas, pela cidade afora; e um leitor que infatigàvelmente continuasse lendo, daria a volta ao mundo com essa linha. Portanto, não é reta, mas um segmento de uma circunferência. Tôdas as nossas linhas retas são parcelas da superfície curva da Terra, — são curvas geodésicas.

Um arquiteto, cujo destino é erguer casas "retas" sôbre a superfície curva da Terra, encontra-se ante um dilema. Se desejar as paredes de sua casa matemàticamente paralelas, elas não serão perpendiculares ao solo. Se as construir exatamente perpendiculares, elas se distanciarão em cima, pois serão prolongamentos dos raios. Os desvios são mínimos. Nenhum nível os acusará. A ciência, porém, não procura saber se é muito ou pouco, mas se é sim ou não. Duas linhas, ou são paralelas ou não são. Se, ao cabo de 60.000 km, elas se afastam uma da outra 1 mm que seja, não são paralelas.

Um "metro" deve ser reto. Mas com um "metro" direito não se pode medir uma linha torta. Quando se mede um tapête, a diferença é tão pequena que não será preciso correr as lojas em busca de um "metro" adequado ao planêta. Mas um segmento da superfície da Terra, de um metro de comprimento, como qualquer pessoa fàcilmente calculará, não é uma reta, mas a 40.000.000.ª parte do perímetro terrestre. O físico moderno faz cálculos com números de doze casas decimais. Medir um círculo com uma reta, seria pretensão que êle recusaria redondamente.

Como nós vivemos numa superfície curva da Terra, os axiomas de Euclides também não são válidos, — conforme demonstrou Einstein. Aquêles axiomas eram as "verdades" dos gregos, que supunham o mundo um imenso prato raso. A mais curta distância entre dois pontos seria uma reta, mas, no globo terrestre, as linhas que unem dois pontos são curvas. A soma dos ângulos de um triângulo deveria corresponder a dois retos. Mas basta examinar um globo para verificar que isso não é verdade. Os meridianos cortam o equador em ângulos retos. Um triângulo que tenha por base o equador e o pólo por vértice, já tem dois retos no equador, e todo triângulo da superfície terrestre é uma imagem dêsse grande triângulo (Fig. 4).

Se abstrairmos da superfície da Terra a geometria, para salvá-la, e a projetarmos no espaço vazio, sofreremos outra desilusão: a geometria de Euclides seria verdadeira no espaço vazio, se êste existisse. Mas, segundo Einstein, o espaço é uma função das massas. É criado por

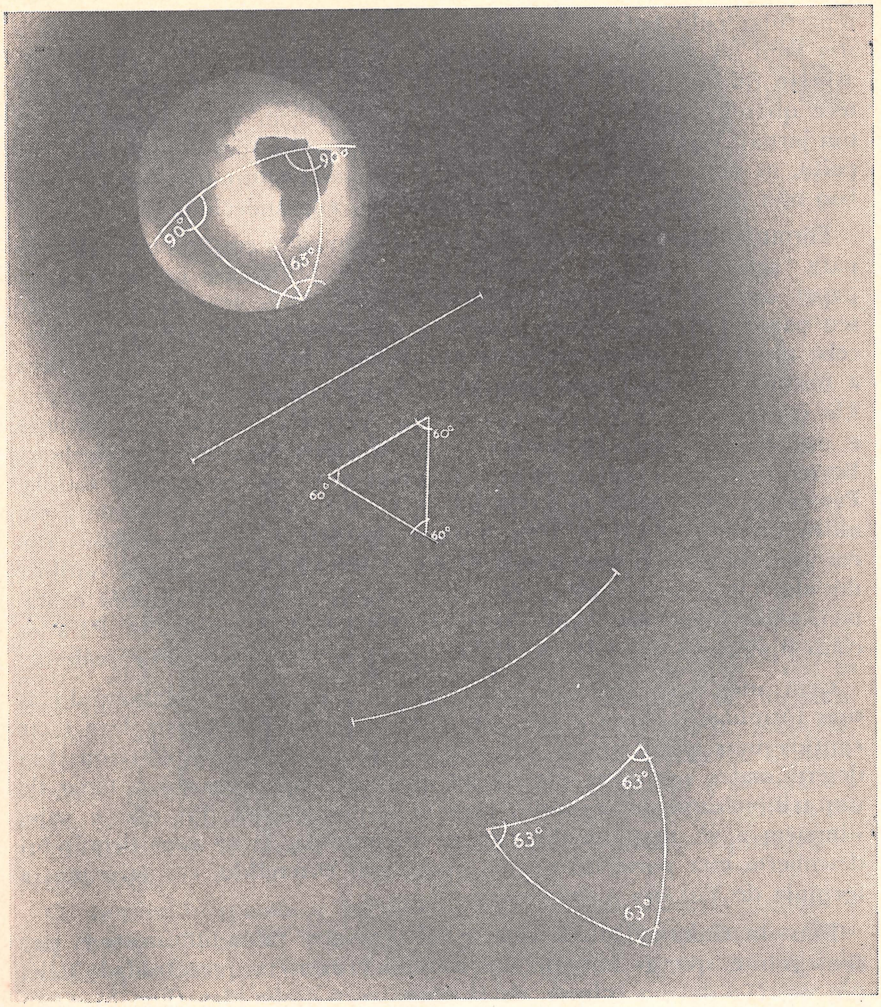


Fig. 4 — RELATIVIDADE DOS CONCEITOS MATEMÁTICOS. Os axiomas matemáticos com que trabalhamos, como a "linha mais curta entre dois pontos é a reta" ou "a soma dos ângulos de um triângulo é de 180°" seriam verdadeiros se o nosso mundo fôsse "reto". Mas êles não são válidos para a terra redonda (em cima) nem para o espaço curvo (em baixo).

elas, como o som pelos instrumentos. Einstein obteve para o espaço a seguinte fórmula:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} R g_{ik} = - \chi T_{ik}$$

R_{ik} são os diversos raios que intervêm nos cálculos; g_{ik} são os potenciais de gravitação; T_{ik} é a soma das propriedades das massas

repartidas pelo espaço. *Esta fórmula não é para ser compreendida e sim para ser observada,* — a fim de que o leitor faça uma "idéia" do aspecto que assumem as fórmulas na física moderna. O mesmo acontece quando visitamos uma oficina de tecelagem ou a tipografia de um jornal; vamos observar apenas, contemplando, com admiração e respeito, as máquinas cuja estrutura e funcionamento não conhecemos. Isto não impede, porém, de nos sentirmos engrandecidos.

Fórmulas não são "achadas". O físico não olha em redor do mundo para "achar" qualquer coisa. Êle cogita de problemas que esboça no papel, como o jogador de xadrez no tabuleiro. Não levanta os olhos do seu papel. Calcula. Sente, quando se encontra no caminho certo. Percebe quando envereda pelo errado e pára. Por fim, se possível chega a fórmulas. Quanto mais simples a fórmula, tanto melhor a solução. Êle experimenta, e se atinge o mesmo resultado, enquadra a fórmula e diz: É isso. Foi dêste modo que, há cem anos, em Koenigsberg, Bessel calculou e disse: Perto de Sírius deve mover-se uma estrêla. Pesa x kg, encontra-se hoje em tal lugar, e no próximo ano estará em outro lugar determinado. Os nossos instrumentos são demasiado fracos para vê-la, mas havemos de achá-la. Bessel morreu sem a mínima dúvida. Onze anos após a sua morte foi a estrêla encontrada exatamente no lugar em que a fórmula de Bessel a localizara. Para os contemporâneos era um "milagre"; para o matemático era evidente.

Cem anos mais tarde, o físico japonês Yukawa está elaborando as suas fórmulas e chega a êste resultado: no núcleo atômico deve estar contida uma parte que é 220 vêzes mais pesada que o eléctron. Em determinadas condições ela há de aparecer, mas, passado o têrço de um trilionésimo de segundo, tornará a desaparecer. Eu não a vejo, ninguém a vê, mas um dia hão de encontrá-la. Doze anos depois foi descoberta essa parte do núcleo, que, bem entendido, era tal como a fórmula de Yukawa a descrevera.

Einstein tinha calculado que o Sol desvia os raios luminosos e, por conseguinte, que as imagens das estrêlas visíveis na proximidade dêle, por ocasião de um eclipse, deviam aparecer deslocadas (Fig. 8). Com efeito descobriu-se no eclipse seguinte que essas imagens estavam deslocadas, mas não como se esperava, conforme os cálculos de Einstein, a 1,75, mas só a 1,64 segundo de arco. Ora, julgar-se-á que Einstein ficara desapontado ou se tenha pôsto a procurar um êrro nos seus cálculos? Não. Êle declara: "Se forem para lá novamente e fotografarem melhor, as estrêlas hão de estar nas posições certas". E assim foi. As fórmulas de Einstein exigem um reaprendizado. O espaço newtoniano, vazio, infinito, eterno e intangível, não existe. O espaço é uma função das massas. É criado por elas e, por conseqüência, desaparecerá com elas. O espaço é encurvado pelas massas e, provàvelmente, aquilo que nós designamos por espaço universal é limitado tanto em

extensão como em duração. A infinidade do universo, de que se fala com tanto sentimento, é tão ilusória como a "infinita distância" à superfície da Terra. Viaja-se até à "distância infinita" e volta-se para o mesmo lugar. "Eternidade" é uma aspiração do homem; êle desejaria ser eterno; por isso atribui ao mundo essa eternidade.

Capítulo II

A MATÉRIA CÓSMICA DA FÍSICA CLÁSSICA

1) A matéria cósmica dos filósofos asiáticos: Brama e Tao

O espaço que separa as massas não pode ser um "nada", pois, através dêle, agem fôrças longínquas. Do Sol irradia-se a luz para nós; a Lua ergue as águas do mar por ocasião das marés.

Claro que esta ação à distância preocupou todos os espíritos. Não faltam exemplos na história das ciências e das artes de que os primeiros dêsses espíritos tenham chegado mais longe do que todos os seus sucessores: os pintores das cavernas, no desenho de animais; Homero, na poesia épica; os pré-socráticos, na penetração da natureza; Moisés, na ética social; os góticos, na construção de catedrais. E assim, também jamais foi elaborada uma doutrina abrangendo a ciência e a ética, como a filosofia dos antigos indianos. Schopenhauer celebrou a tradução dos *Upanixades* como o maior acontecimento espiritual do Século XIX.

Os hindus imaginam o mundo repleto de uma matéria cósmica a que chamam "Brama", que tem, no pensamento dêles, a mesma significação que Deus no Velho Testamento. O que se segue deve ser lido não uma, mas três vêzes e lentamente, de viva voz, pois é o que de mais belo foi dito acêrca da essência do universo:

"No princípio não havia nem ser, nem não-ser. Não existia o ar, nem o céu sôbre êle; não existia a água, nem as alturas, nem os abismos. Ainda não havia diferença entre o dia e a noite, nem entre a vida e a morte. Era escuro, e a escuridão ocultava o princípio da criação. Só um existia, e nada além dêle: Brama. Mas êle ainda não tinha nenhum movimento. Nem os deuses existiam ainda, pois os deuses só mais tarde chegaram ao mundo. Por isso ninguém conhece a origem do Brama, nem os deuses a conhecem. Mas foram os sábios que acharam a relação entre o ser de agora com o não-ser de outrora."

Que intuição da natureza da ciência: a ciência descoberta pelos sábios!

"Invisível é o Brama, e todavia está em tôda parte. A mão não pode contê-lo, mas êle tudo abrange. Não pode ser visto; pois é dêle que vem a luz. Ninguém o pode sentir, pois todo o sentir dêle provém. Por transformação, dêle nasce tudo o que existe e acontece, mas êle permanece sempre o mesmo. Nada o surpreende, e nenhuma palavra diz, seja a que respeito fôr. Tudo vê e tudo permite que aconteça. Tudo nêle é inquietação, mas êle mesmo permanece tranqüilo. Assim como dêle tôdas as coisas surgiram, assim a êle regressam tôdas; por isso é paciente e tranqüilo."

Do mesmo pensamento participam os teorizadores ocidentais do universo, enquanto ainda filosofam poèticamente como os medievais, e não pensam em conformidade com uma ciência estritamente "correta". O último dêles, queimado vivo em Roma como herege, em 1600, é Giordano Bruno que exclamava: "Vós que me queimais, temei mais do que eu a quem deixais queimar". Sem nada conhecer da sabedoria indiana, escreveu dezenas de proposições como estas: "O Universo é pois um único, infinito, imóvel... Não é gerado; pois outro ser não há, que o possa desejar ou esperar; êle mesmo possui todo o ser. E não perece; pois não há outro, no qual possa transformar-se, êle mesmo é tudo... Perguntar-me-eis: então por que se modificam as coisas?... E eu respondo dizendo que qualquer transformação tende, não para outro ser, mas para outro modo de ser".

A meta espiritual do hindu é ser como Brama, imperturbável perante tôdas as coisas, inatingível por todos os sofrimentos, sempre lembrado da transitoriedade de todos os fenômenos e de todos os acontecimentos:

Se a posse de um mundo perdeste,
Não sofras por isso... não importa!
Se a posse de um mundo ganhaste,
Não te alegres por isso... não importa!
Passam as dores e os prazeres,
E tu pelo mundo passas... não importa!

Provàvelmente oriunda de uma fonte comum, desenvolveu-se no vizinho território da China a mesma idéia de matéria cósmica. Porém da mesma idéia derivaram os chineses uma filosofia totalmente diversa. Diante dos acontecimentos universais, os hindus são fatalistas; mas os chineses procuram dominá-los. Os hindus abandonam-se ao sabor da corrente; os chineses navegam. Designam a matéria cósmica pelo nome de "Tao" (= "o ainda não terminado"), e, tais como os místicos da Europa medieval, consideram o mundo como uma criação ainda incompleta, que tende para a perfeição. Sendo o homem uma parte dela, não deve, dizem os místicos, deter os braços da divindade criadora com suas más ações, não deve perturbar o Tao, mas, ao contrário, pelo trabalho e pela ordem concretizar a harmonia com o Homem, a Natureza e a Divindade.

Eis uma bela e positiva visão do mundo, oposta ao fatalismo hindu, que imprimiu ao povo chinês impulsos fortemente civilizadores. Em remotos milênios, a ciência e a técnica atingiram, na China, espantoso progresso. Os chineses conheciam a eletricidade produzida por fricção, a fôrça do vapor, e viajavam com a bússola. Inventaram o papel, escreveram a mais viva de tôdas as literaturas e discutiam na mais rica de tôdas as linguagens. As conhecidas virtudes do povo chinês: dedicação ao trabalho, consciência no cumprimento do dever, regradíssima vida familiar, afabilidade no convívio com os vizinhos, serena e alegre afirmação da vida e resignada aceitação de todos os golpes do destino, sua aplicação na arte e familiaridade com a natureza, — tôdas essas virtudes floresceram à luz radiosa da doutrina de Tao. A Índia e a China demonstram quão forte e diversamente podem influir as concepções científicas do mundo na atitude e, por conseguinte, no destino de nações inteiras.

2) A matéria cósmica dos europeus: o éter cósmico

"Éter", palavra pela qual os europeus designam a matéria cósmica, provém de Aristóteles, o fundador da ciência sistemática da Natureza. Deu êle o seguinte quadro sôbre a divisão da matéria: "a Terra é cercada de água; a água, de ar; o ar, de éter; para além do éter nada existe". Para um homem que vivia 350 anos antes de Cristo, já é notabilíssima esta concepção, tanto mais que os sentidos eram os seus únicos meios de conhecimento.

A idéia do éter revelou-se tão excelente hipótese de trabalho, que, até o princípio do nosso século, dêle se falou como de uma certeza. Na última edição da "Encyclopaedia Britannica", ainda se lê um longo artigo, da autoria de um proeminente físico inglês, no qual o éter é tratado como uma realidade.

Porém, já a partir de Newton se emitiram dúvidas acêrca da existência do éter. Negou-o Faraday, físico que se distinguiu por seu pensamento original. Na atualidade, foi Einstein quem declarou insustentável a idéia de um éter cósmico, e o enorme poder da sua autoridade arrastou consigo tôda a presente geração de físicos à geral recusa do conceito de éter.

Em 1881 empreendeu Michelson a sua famosa experiência. O ponto de partida foi esta idéia: se a Terra se move através de um mar de éter e a luz é um movimento ondulatório dêste éter, então deverá a luz chegar mais depressa à frente, isto é, à proa do "navio", do que atrás, à pôpa, e a diferença será de 60 km/seg. Mediante uma combinação de espelhos, dirigiu a luz em tôdas as direções requeridas; e tão sensível era seu aparelho, o interferômetro, que uma diferença de 2 km/seg deveria notar-se. As experiências não deram resultados. A luz das estrêlas, também, chega sempre com a mesma velocidade, quer se aproximem, quer se afastem de nós. A velocidade da luz é uma

constante, independente do movimento da fonte luminosa ou do observador. O espaço, através do qual a Terra se move, é, na concepção de Einstein, vazio, e, por conseqüência, não oferece qualquer possibilidade de verificar uma velocidade. Não pode ser utilizado como uma rêde de coordenadas. Não se pode lançar nêle uma barquilha para medir a velocidade a que nos movemos. Velocidades no espaço só podem ser medidas em comparação com os corpos; mas como todos os corpos se movem, só obtemos valores relativos. No Universo não há nem velocidades, nem direções. Tôda medida, todo enunciado só pode relacionar-se a um sistema de referência especial. Esta é a idéia fundamental da teoria restrita da relatividade.

Mas contra o éter opõe Einstein, além dêstes, ainda argumentos de ordem física. A matéria que transmitisse uma ondulação transversal de 300.000 km/seg, como a da luz, deveria por um lado ser tão tênue como o ar rarefeito a 10^{-31}, e por outro lado tão elástico quanto o aço, — duas propriedades inconciliáveis, segundo as nossas atuais concepções.

O éter, diz Einstein, em primeiro lugar não é demonstrável, em segundo não é verossímil, em terceiro não é necessário. "Tôdas as nossas tentativas para tornar experimentável o éter falharam. De tôdas as propriedades do éter, só resta aquela pela qual êle foi descoberto, quer dizer, a sua capacidade de conduzir as ondas electromagnéticas. Após experiências tão insatisfatórias, parece chegado o momento de esquecer o éter e mesmo não mais mencionar essa palavra. Em substituição, diremos: o *espaço* tem a propriedade física de conduzir ondas, e assim evitamos o uso de uma palavra, que resolvemos não mais usar. Naturalmente, a eliminação de uma palavra não é uma solução. As nossas dificuldades são demasiado profundas para que possam ser resolvidas dêste modo... O único expediente será simplesmente admitir como fato possuir o espaço a propriedade física de conduzir ondas electromagnéticas, e não refletir demasiadamente sôbre o significado desta afirmação. Podemos continuar a empregar a palavra éter, mas só para exprimir certas propriedades físicas do espaço. O significado da palavra éter modificou-se muitas vêzes no decurso da evolução da ciência. Atualmente não é considerado como um meio composto de partículas."

Vivemos, pois, numa época de descrença no éter. Quanto tempo durará êste interregno, não se sabe.

3) Quanto é 10^{31}?

Não se sabe se o éter existe. Mas sabe-se quão tênue deveria ser, se existisse. Da velocidade das ondas luminosas resulta que teria de ser, pelo menos, 10^{23}, e provàvelmente, 10^{31} vêzes mais rarefeito que o ar.

Que significa 10^{31}? Quando se exerce a atividade científica, também é preciso compreender claramente que os números são criação humana. Na natureza não há números. Não há cinco árvores ou três dias na natureza. Os dias são rotações do nosso planêta e os segundos são pulsações do mamífero. Dias de festa, há-os no coração do homem, mas não na natureza. O centésimo aniversário de Goethe, por exemplo, é a ficção de uma posteridade agradecida.

O sistema humano dos números está edificado sôbre 10, porque nós possuímos 10 dedos. Para sair ràpidamente do domínio do 10, é introduzida, nos graus superiores da arte do cálculo, uma grandeza que tem por função decuplicar. Êste operador é o "zero". O zero foi uma engenhosa invenção que só os povos superiormente desenvolvidos alcançaram. O fato de os maias pré-colombianos terem conhecido o zero basta para nos conferir a certeza de que eram êles um povo de elevada civilização.

Um zero à direita significa que se deve repetir dez vêzes certo trabalho. Digamos 1. Se ajuntarmos um zero, haveremos de dizer dez vêzes um. Acrescentando outro zero, êste trabalho decuplicado deve então ser feito dez vêzes. Outro zero e o trabalho dez vêzes decuplicado deve ser efetuado dez vêzes. Começa-se a perceber a grandeza satânica do zero. Até ao quinto ou sexto zero, ainda é possível seguir os saltos. Mas o salto de 1 para 10 milhões é gigantesco! Imagine-se que em alguns dias de esfôrço contemos um milhão. Agora acrescente-se *um* zero, e eis que devemos contar dez vêzes 1 milhão. Impossível! Suponhamos que se trate de metros. Com os primeiros quatro zeros, chegamos a dez quilômetros, mas com os dez seguintes estarão percorridas três voltas à Terra. Mais um zero, e teremos feito uma viagem de ida e volta à Lua.

Como na ciência intervêm números contendo tantos zeros que chegam a ocupar meia linha, recorre-se ao seguinte expediente: não se escrevem os zeros, e exprime-se o número dêles por meio de uma "potência": $10^6 = 1$ com 6 zeros $= 1.000.000$. Com as frações procede-se do mesmo modo: $10^{-6} = 0{,}000.001$. Para exprimir números que não comecem nem acabem por 1, multiplica-se a potência, representando os zeros pela parte não constituída de zeros do número em questão: $7 \times 10^6 = 7.000.000$ e $7 \times 10^{-6} = 0{,}000.007$.

É fácil de aprender: haja ou não uma vírgula, no número estão sempre tantos zeros, quantos os indicados pela potência. 7×10^6 é um 7 com 6 zeros *depois* do sete, e 7×10^{-6} é um 7 com 6 zeros *antes* do sete.

10^{31} é 1 com 31 zeros

$= 10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.$

Que significa êste número?

Liguemos o pneumático de um automóvel a uma bomba elétrica trabalhando tão depressa que, em cada segundo, dela extraia metade

do ar. Montemos nesse dispositivo um manômetro cujo ponteiro desligue a bomba no momento em que a pressão no pneumático descer a

$$10^{-31} = \frac{1}{10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000}$$

da pressão atmosférica normal.

Quando parará a bomba? Nós não refletimos muito sôbre isso. Em cada segundo, uma redução à metade: $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{16}$, $^1/_{32}$, $^1/_{64}$, $^1/_{128}$, etc., a coisa vai depressa... Passados alguns minutos, já estamos nos milhões. Talvez demore uma hora. Deixamos a bomba funcionando e vamo-nos dali. De caminho, porém, assalta-nos uma inquietação. Iremos nós perder aquêle momento? Mas, chegando a casa ficamos espantados: o ponteiro do manômetro só avançou 2 zeros. Vendo que a operação demorará até amanhã, ou talvez até depois de amanhã, vamos dormir. Na manhã seguinte, observamos que o ponteiro, durante tôda a noite, não avançou mais que um zero. Algo perplexos, seguimos para as nossas obrigações. Novamente voltando a casa, a bomba trabalha e, em cada segundo, o conteúdo do pneumático diminui de metade, mas, no mostrador, o ponteiro progride cada vez mais lentamente. Começamos a temer que a experiência nos custe demasiada corrente elétrica. Sentamo-nos a calcular o gasto. Três minutos depois levantamo-nos precipitadamente e desligamos a bomba. Tanta corrente não podemos pagar. Tanta corrente, nem tôda a usina elétrica a poderá fornecer. E nem as do mundo inteiro. Tanto tempo não viverá a humanidade, nem girará a Terra. É que caímos no poder mágico do zero. Um milhão de anos são necessários para que do nosso número de 32 algarismos seja diminuída a metade dos zeros. E mesmo nessa altura nem a milionésima parte da milionésima parte do trabalho estará completada, pois do 15.º ao 16.º zero demorará dez vêzes mais que os dez milhões de anos que êle demorou do 1.º ao 15.º, e essa progressão ascendente continuaria quinze vêzes mais. A Via-Láctea desmoronar-se-á, nem assim a nossa bomba terá atingido o 30.º zero.

Portanto, já êste primeiro número com que deparamos, observando a natureza, se mostra inconcebível. E, com efeito, o inconcebível é a essência da natureza.

4) A hipótese dos átomos de éter vagueando com a velocidade da luz

A ciência não mostra o muito ou o pouco das coisas. Não obstante a sua sutileza, o éter, se é que existe, há de ser alguma coisa. Dizem os "partidários do éter" que êle consiste em unidades punctiformes, isto é, os átomos do éter. Êstes, como os átomos nos gases, mover-se-iam desordenadamente, mas com a velocidade da luz. Apesar disso não se chocam; porque a probabilidade de se chocarem dois corpos em mo-

vimento decresce na razão direta do quadrado dos seus diâmetros. Diminuindo de metade o tamanho das bolas de bilhar, decresce a $^1/_4$ a probabilidade de elas se encontrarem no jôgo. Se diminuirmos as bolas a $^1/_8$, a probabilidade cai para $^1/_{64}$. Com corpos da imperceptibilidade dos átomos do éter, essa probabilidade é nula, pois em comparação com o seu tamanho, as distâncias entre êles são infinitamente grandes.

É um atrevimento exigir que se acredite em átomos de éter, formando um "meio" 10^{31} vêzes mais rarefeito que a atmosfera, vagueando com a velocidade da luz, e, no entanto, sem se chocarem. Mas não o refutamos, indignados. O mesmo atrevimento teve Colombo, quando impôs aos seus marinheiros que viajassem com êle em direção ao ocidente, para alcançar a Índia, situada no oriente. O mesmo atrevimento tiveram Kepler e Galileu, ao exigirem dos seus contemporâneos a compreensão de que não caminhavam numa Terra plana, mas num globo que se move em tôrno de si mesmo nas trevas do espaço universal, acrescentando que do lado oposto caminham os "antípodas" que, embora com as plantas dos pés dirigidas para nós, não estão sujeitos à queda (Fig. 5). Semelhante atrevimento teve o observador holandês Leeuwenhoek, ao comunicar aos membros da Royal Society de Londres que, mediante certo aparelho recém-inventado, o microscópio, descobrira na água de poço verdadeiro jardim zoológico, repleto de pequeníssimos sêres animados. Em nossos dias tivemos de encarar dezenas de tais atrevimentos: a teoria celular de que o corpo humano se compõe de 30 bilhões de sêres animados; a teoria da hereditariedade de que no ato da procriação se unem "genes" submicroscópicos com tôdas as qualidades físicas e espirituais dos pais; o telefone que difunde a palavra através de um fio de cobre; os discos de gramofone, que reproduzem a voz dos mortos; o rádio, a televisão, — tudo isso foram imposições atrevidas a que tivemos de nos submeter. Helmholtz declarava que o projeto de um avião "mais pesado que o ar" era um contra-senso físico; Langley olhava o rádio, apresentado na exposição de Paris, como uma "charlatanice gaulesa". Admitamos, pois, a hipótese dos átomos de éter, que não é senão a primeira entre as muitas hipóteses que a natureza e a ciência nos hão de apresentar.

Aqui vem já a segunda: conforme já se mostrava matemàticamente, desde o século passado, no espaço há energia. Segundo a hipótese do éter universal, é o movimento dos átomos de éter que fornece esta energia. Os valores achados são imensos. Na extensão de um cubo de açúcar encontram-se 10^{33} erg/seg: 1 erg por segundo é mais ou menos a energia produzida por um piscar de ôlho. 10^{33} erg/seg é a quantidade de energia com a qual se poderia fazer com que um trem de mercadorias, composto de 100 vagões, desse 200 milhões de vêzes a volta ao mundo. Curvemos os dedos da mão: e no espaço vazio da mesma encontraremos mais energia do que a utilizada pela humanidade desde o nascimento de Cristo. Assim é o mundo, do qual tu és uma parte.

Fig. 5 — RELATIVIDADE DAS DIREÇÕES. Dizer: "As estrêlas sôbre mim" constitui uma representação subjetiva. Circulamos numa bola através do espaço universal — não há "em baixo" nem "em cima", nem "direita" ou "esquerda".

Capítulo III

A MATÉRIA CÓSMICA DA FÍSICA MODERNA: DO TURBILHÃO DE ÉTER DE DESCARTES ATÉ O ELÉCTRON DA ATUALIDADE

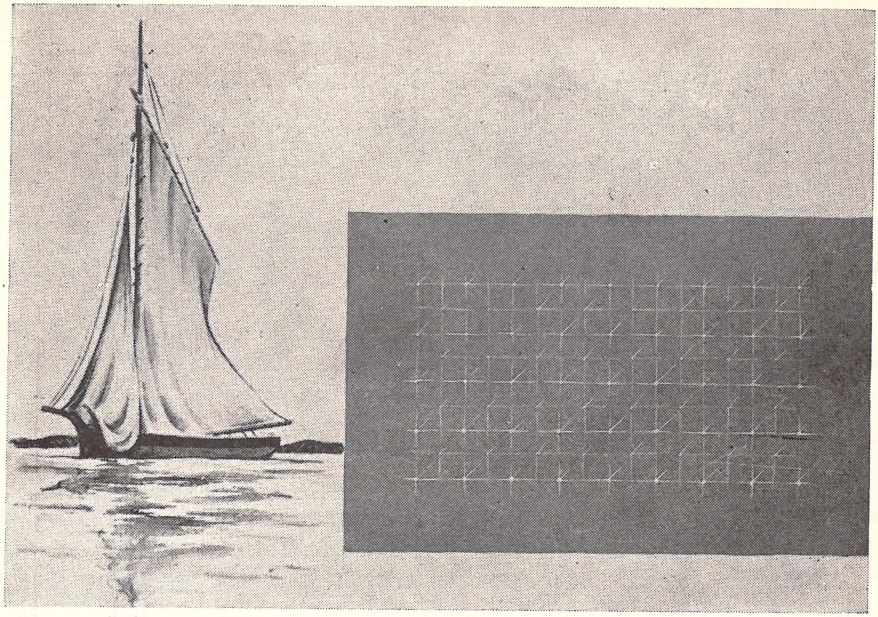
1) Em 1600, Descartes esboça a imagem do turbilhão de éter, precursor da moderna "energia-substância"

Quando nos encontramos na água tranqüila da banheira, a água (aparentemente) não tem forma, nem energia. Mas logo que se abra o tampão, aparecerá primeiro uma figura, um turbilhão, e com o movimento do turbilhão uma fôrça, que é a atração. Se jogarmos na água um floco de espuma de sabão, o movimento se tornará visível; se pusermos a mão no orifício de escoamento sentiremos a fôrça.

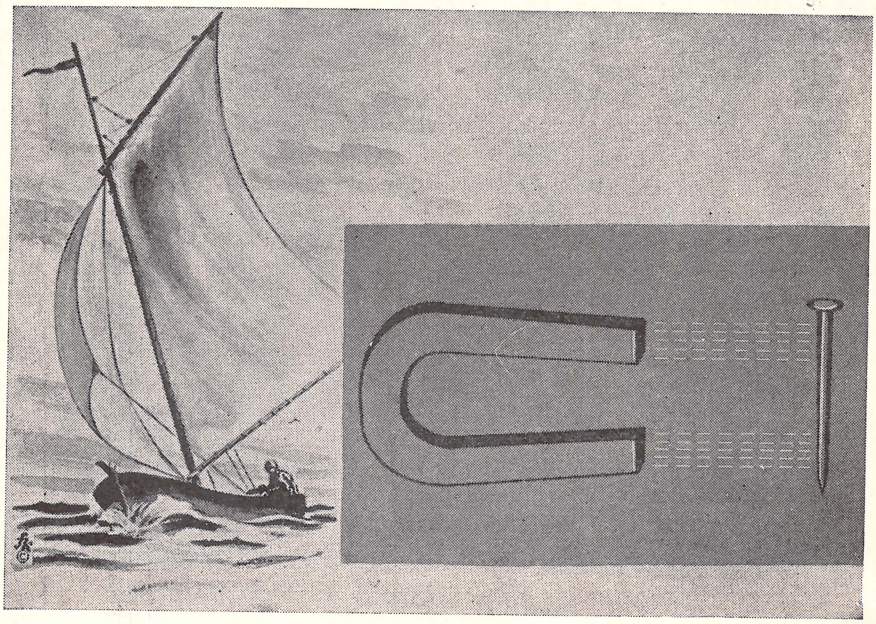
Assim, diz Descartes, que pelo turbilhonar do éter, do "nada" surgiu o "algo", do informe a forma, do aparentemente inerte a fôrça. Nada foi "criado", o real é que começou a girar. Êste movimento dura até hoje; é êle a própria existência. Se Deus estivesse desiludido dos resultados da sua criação, — o que não seria de espantar —, não precisaria de destruir o mundo; bastava que revogasse o "faça-se!" da gênese, que era um "turbilhone!", para que simultâneamente com os turbilhões, tôdas as formas se dissolvessem, e tôdas as fôrças se dissipassem: seria um regresso ao seio do nada e do repouso.

Turbilhão e fôrça turbilhonar são coisas idênticas; não podemos imaginar um turbilhão que não desenvolva energia. Quanto mais depressa êle gira, tanto maior será a sua energia. Quanto maior fôr a energia, tanto mais "substancializado" aparece o turbilhão. Se o ventilador do nosso quarto girar lentamente, poderemos atirar contra a sua hélice uma bola de borracha. Mas do turbilhão de ar, produzido pela hélice de um avião, a bola ressaltará, como se fôsse ao encontro de um muro de pedra. Se pudéssemos multiplicar por mil o número das suas rotações, até uma granada saltaria, como se o turbilhão não fôsse ar, mas aço.

As idéias de Descartes, que, apesar de ultrapassadas, ainda constituem uma excelente propedêutica à física moderna, estão claramente representadas na fig. 6 por imagens de fenômenos que nos são familiares: os movimentos da atmosfera. A calmaria é o "nada" (a); o vento é a atração (b); as ondas de ar são "oscilações" (c); mas no ciclone nascem a fôrça e a matéria, — é a origem da energia-substância (d).

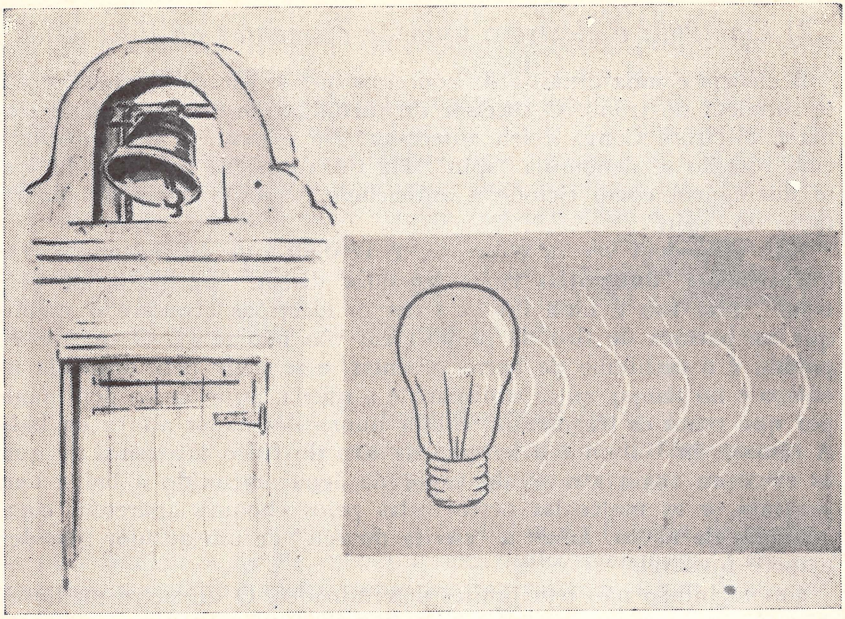


a) Calmaria — o espaço

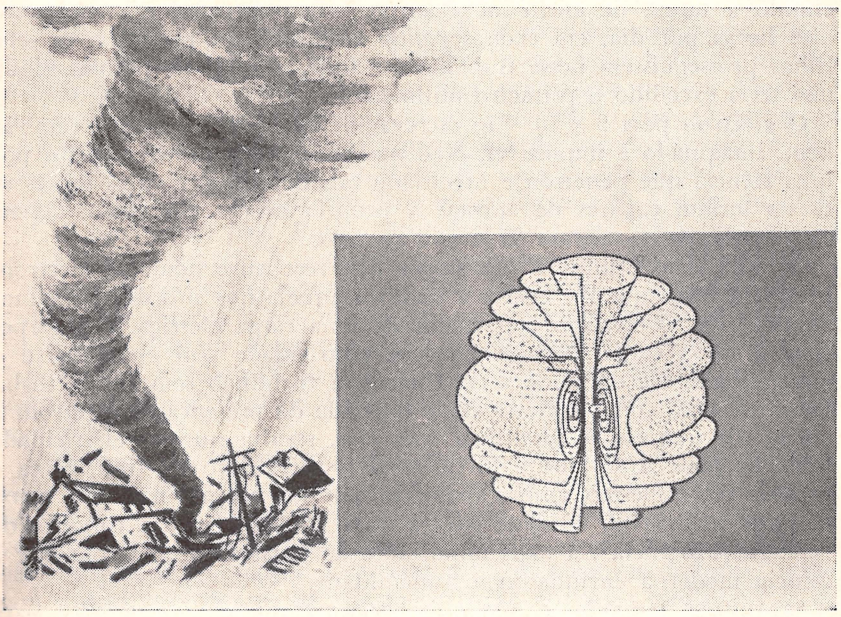


b) Vento — fôrças de tração

Fig. 6 — SÍMBOLOS PARA OS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA FÍSICA.



c) Som — oscilações



d) Ciclone — energia-substância

Fig. 6 — SÍMBOLOS PARA OS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA FÍSICA.

2) Em 1900: o eléctron, unidade elementar da física atual

A ciência é uma dinastia de conceitos que se sucedem, como os reis se sucedem no trono. O sucessor do turbilhão de éter cartesiano chama-se eléctron. Como o seu antecessor, êle é também um turbilhão, cuja rotação se denomina "spin". Há duas espécies de eléctrons que se distinguem como ciclone e anticiclone, segundo o sentido da rotação do "spin".

Não se podem ver os eléctrons. É verdade que se encontram, freqüentemente, fotografias cujas legendas dizem: "fotografia de eléctrons", mas isso é uma ilusão. Com os eléctrons acontece o mesmo que na barraca de tiro. O projetil em vôo não se vê. O que se vê, porém, é o cachimbo de barro rebentar, e se pode pela distância no espaço e no tempo, entre o disparo e a queda, assim como pelo modo por que voam os fragmentos, colhêr numerosos dados acêrca da bala. A câmara de Wilson é a barraca de tiro do físico moderno, na qual os eléctrons voam através do vapor de água arrefecido a baixa temperatura, e as moléculas perturbadas pelos choques aparecem como gotículas de névoa. Lê-se: a "escrita no céu" de um aviador que permanece invisível.

Um turbilhão não tem limites determinados. O diâmetro médio do eléctron é de $2 \times 10^{-13} = 0{,}000.000.000.000.2$ cm. Se, após o Dilúvio, Noé, em vez de plantar uma vinha e de se embriagar, tivesse empreendido a tarefa de enfileirar eléctrons, como pérolas, e se, durante oito horas por dia, em cada segundo enfiasse uma pérola, e os seus filhos prosseguissem nesse trabalho até hoje, o colar de pérolas ainda não teria excedido o primeiro milímetro!

O eléctron pesa 9×10^{-28} g; escrevamos êsse número e observemo-lo bem. Imaginá-lo é impossível. Não nos resta senão sentir respeito por uma ciência que penetrou e investigou tais domínios, e cujos representantes seriam capazes de apostar a própria cabeça em como, depois da vírgula, se encontram 27 e não 26 zeros.

O "turbilhão primitivo" em nossos dias recebeu o nome de eléctron, porque a fôrça que êle exerce é idêntica àquela que nós denominamos eletricidade. O eléctron é portador de uma carga elétrica; é a corporização dessa carga. Não se concebe eletricidade sem eléctrons, e o eléctron sem electricidade seria como um turbilhão sem fôrças turbilhonares. Ora, como a eletricidade depende da presença de eléctrons e até se diz que ela se identifica com êles, resulta que da eletricidade tanto se pode dizer que é fôrça, como matéria. No eléctron, fôrça e matéria são o mesmo, ambas aparecem, por sua própria natureza, como unidade indivisível, unidade para a qual Einstein fixou o conceito de "energia-substância", a mais importante de tôdas as noções com que a ciência moderna enriqueceu a humanidade.

Sabendo-se tamanho e massa do eléctron, estamos preparados para reconhecer que são necessárias quantidades inestimáveis de eléctrons a fim de se obterem quantidades efetivas de eletricidade. Numa lâmpada

comum, passam, com a velocidade de cêrca de 6.000 km/seg, em cada segundo 6×10^{18} eléctrons. Se em lugar de eléctrons, pelo fio de cobre corressem homens, empunhando cada um dêles um facho com a energia de um eléctron, não bastariam todos os homens que viveram até hoje para fornecer a luz dessa lâmpada, ainda que por um segundo. Não se pode imaginar o inconcebível, nem mesmo com êste exemplo. Mas se chegarmos a tocar o interruptor para acender a luz, não distraìdamente, mas refletindo nesse mesmo instante sôbre o que com isso causamos, — a marcha de trilhões de eléctrons —, então teremos obtido o máximo que um leigo poderia atingir na compreensão dêsse fenômeno científico. Os gregos diziam: "No princípio está a perplexidade". Pois bem; a perplexidade também está no fim.

3) "Picnose", uma das mais belas idéias da história natural, precursora da teoria da natureza ondulatória da matéria

Como lê um jovem estudante? Ei-lo diante do fichário de catálogo de uma biblioteca. Se êle encontrar um título como êste: "Criação e desaparecimento do mundo, como processo cósmico cíclico, fundamentado no conceito picnótico", se não o pedir com apaixonada curiosidade não será um estudioso da natureza.

Picnose significa condensação. Substância, diz o autor, é formação de nodos no éter, é turbilhão. Quando a substância se move, não é como se se movesse um "corpo sólido", como uma bala de canhão, através do "espaço vazio". Não; o éter permanece no seu lugar. O que se desloca é um turbilhão pelo todo-oceano do éter. O corpo em movimento não é um "objeto" que muda de lugar, mas sim o deslocamento de uma perturbação. Quando uma rajada ciclônica se desloca do Gôlfo do México em direção ao norte, não é o ar do gôlfo que se movimenta para Boston. Êste fica onde está. Só a perturbação se locomove. Quando o temporal se aproxima de uma cidade, não é a atmosfera de outros lugares que vem chegando; a atmosfera da cidade é que começa a revolver-se em conseqüência da perturbação em movimento. Passada a tempestade, a mesma atmosfera continua como dantes sôbre a cidade. É assim que as coisas migram através do espaço, segundo o autor daquele livro; as "perturbações do espaço" é que se movem.

Faça-se rolar um carretel, como modêlo ampliado de um eléctron, sôbre uma mesa. Um carretel não é sòmente pela sua forma o modêlo de um eléctron, êle próprio é constituído de eléctrons. É uma soma de eléctrons condensados na forma de carretel. Ora, a teoria da picnose diz o seguinte: enquanto o carretel rola, os eléctrons à frente arrastam o éter para dentro de sua perturbação ao passo que por trás do carretel abandonam o éter novamente e, então, nesse local em que, há instantes, se achava a perturbação "carretel", reina novamente a

tranqüilidade do éter, o carretel "se foi". E como o carretel migram tôdas as coisas. Ao movimentar o dedo no ar, verifica-se uma perturbação do espaço que migra em forma de dedo. Se acompanharmos uma bola, um automóvel, um cavalo, uma pessoa, veremos que são alterações que se formam na frente do seu movimento e cessam por detrás do mesmo.

J. G. Vogt, nascido em 1843, apresentou um conceito de substância muitíssimo interessante. Era tão audaz a sua idéia que os físicos seus contemporâneos só lhe dispensavam menosprêzo. O jovem estudioso da ciência, porém, que no comêço de nosso século havia encontrado o livro já um pouco empoeirado, que ninguém lera, sôbre a picnose, ficara tão entusiasmado com as idéias que durante meses não pensava noutra coisa. E passou a contemplar tôdas as coisas e fenômenos como "picnose", procurando influir sôbre os seus semelhantes para que também passassem a ver as coisas e os seus movimentos sob êsse aspecto. Mas a maioria tinha suas dúvidas e o meu professor de física, a quem eu queria converter à picnose, pregava-me sermões como um padre a um bêbedo. É claro que jamais esqueci o herói dos meus dias de juventude, de modo que foi um reencontro alegre, uma justificação inesperada do amigo, ridicularizado como quixotesco, quando por volta de 1920 apareceram os trabalhos já famosos do Príncipe De Broglie. Einstein fundamentou a teoria dos fótons, dizendo: as oscilações que migram pelo espaço com alta energia apresentam propriedades materiais e podem ser consideradas como corpos. Como antítese ou quase que inverso dessa idéia De Broglie desenvolveu o pensamento de que corpos que se movimentam com grande energia se conduzem como ondas. É possível calcular logo o número dos movimentos pela fórmula simples de

$$\frac{m \times c^2}{h}$$

isto é a massa multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz dividido por h que é o símbolo dos quanta descobertos por Planck. Os eléctrons que se movem a 15.000 km/seg possuem o "comprimento de onda" dos raios Roentgen.

Mas na realidade um corpo não se transforma em onda por meio de velocidade acelerada. A substância é ondulatória por sua própria natureza. Quanto menor a massa e quanto mais rápido o seu movimento, mais nítido se torna o seu característico ondulatório. Quanto maior a massa e quanto menos ela se movimenta, mais domina o seu característico de matéria. As ondas e a matéria são manifestações diferentes de uma única coisa, isto é, da energia-substância. Também se podem conceber como sendo ondas os eléctrons que se movimentam com enorme velocidade no átomo, obtendo-se, assim, um modêlo melhorado em que voam sob a forma de corpos (Fig. 9). Schroedinger, o criador dêsse novo modêlo de átomo, declara que "O eléctron que

circula no átomo é uma perturbação que se propaga em forma de onda, ao longo da trajetória electrônica" (Fig. 10). "Uma pedra que se atira", diz Einstein, "é um campo que muda de lugar, e cujo ponto de maior intensidade se desloca pelo espaço com a rapidez da pedra".

Pobre J. G. Vogt, herói da minha juventude! Por teres idéias temporãs fôste escarnecido e repetiste a sina triste de todos aquêles cujo gênio se adiantou à sua época.

Capítulo IV

A ENERGIA-SUBSTÂNCIA

1) A substituição das fôrças da natureza, de Newton, pela teoria dos campos de fôrça (teoria dos campos)

Um conhecido físico do século XIX costumava iniciar o seu curso da seguinte maneira: Cortava um fio, na extremidade do qual tinha pendurada uma bola de metal, e depois de esta cair no chão, exclamava: "Êste é o maior milagre que lhes posso mostrar". É evidente que não existe tal coisa como "o maior milagre", assim como não se pode falar "na maior obra de arte". Na natureza só há um milagre: você.

A fôrça da atração é uma das muitas manifestações, das quais só a criança se admira. É com espanto que ela nota, em suas primeiras experiências, que o chocalho há pouco entre os seus dedinhos não mais ali está — olha assustada e chora. Depois põe-se-lhe o brinquedo na mãozinha e se lhe diz: segura bem. Observe-se o rosto de um lactente quando o chocalho "aparece de novo". Um ano depois a criança se admira de que a xícara que empurrara para a extremidade da mesa está no chão, em fragmentos. Do mesmo modo fica espantadíssima quando cai ao tentar caminhar. Pouco a pouco, porém, depois de várias experiências dolorosas, aceita a atração da terra como um fato, contra o qual é preciso premunir-se como em tantas outras coisas da vida. Nós, adultos, pensamos ser "natural" que a maçã caia da árvore. Mas por obra de Newton a fôrça de atração foi reconhecida como a relação à distância entre todos os corpos que mantêm o mundo coeso, e ninguém duvida de que então se descobriu a "fôrça cósmica" que mantém unidos todos os corpos, mesmo os mais pequeninos e também os átomos. Mas a descoberta do átomo desvenda uma fenda curiosa no todo universal. No sistema solar do átomo, as partes componentes não são seguras pela fôrça da gravidade, mas pela eletricidade. Naturalmente a fôrça da gravidade também atua entre os ele-

mentos do átomo, mas de um modo 10^{40} mais fraco do que a eletricidade. O macrocosmo — a gravitação, o microcosmo — a eletricidade, foi essa a cabeça de Jano que, de dentro do caos das descobertas, emergiu como a divindade dêsse século.

Os homens teriam, como é do seu natural, aceitado a contradição e o novo conhecimento seria ensinado como um dogma durante séculos, se Einstein, convencido profundamente da unidade da natureza, não tivesse tomado a si a tarefa de encontrar uma fórmula comum a ambas estas fôrças: a gravitação e o electromagnetismo. Durante anos de trabalho nada conseguiu e todos aquêles que partilhavam o seu destino puderam verificar como é que êsse grande espírito — como Jacó e o Anjo — lutava nas trevas. Não foi antes de alcançar os 70 anos, atravessando os perigos e choques de uma vida agitada, que Einstein saiu de seu gabinete de trabalho, exclamando o "Heureca!" de Arquimedes, para anunciar ao mundo a sua Teoria do Campo Universal. Êle poderia repetir as palavras de Newton: "Agora demonstro a *estrutura do sistema do universo*".

A fôrça turbilhonar do eléctron propaga-se para todos os lados com a velocidade da luz e envolve-o como um "campo". O conceito de "campo" vem de Faraday e é uma criação audaz do espírito — como diz Einstein, criação essa que agradecemos ao fato de Faraday não ter freqüentado escola superior e por isso ter conservado a liberdade de pensar de modo próprio. Fôra aprendiz de encadernador e se sentiu mais atraído pelo texto do livro do que pela capa. Os volumes que encadernava durante o dia eram estudados por êle à noite, só os devolvendo aos fregueses desesperados depois que os lia completamente.

Quem ouve falar em "campo" julga talvez que se trate de alguma coisa que não interessa, por pertencer ela às alturas estratosféricas da ciência. Mas reflita bem que nunca se andaria de automóvel se Faraday não criasse o conceito de campo e jamais ouviríamos o rádio se o antigo encadernador, em suas experiências, não formulasse êsse conceito. A história do desenvolvimento do conceito de campo oferece exemplo excelente para se conhecer o caminho entre a ciência e a técnica, entre a idéia que se acha no cérebro de um estudioso e o aparelho que está diante de nós sôbre a mesa. Faraday descobriu que uma corrente elétrica não passa sòmente pelo fio de cobre, mas exerce influência também através do espaço vazio e para explicar êsse fato criou o conceito de "campo electromagnético". É esta a primeira fase no desenvolvimento de uma idéia científica: a criação de um conceito novo.

Duas décadas mais tarde o físico escocês Maxwell utilizava-se dessa concepção de Faraday na tentativa de solucionar matemàticamente o problema das influências elétricas à distância, formulando as famosas equações maxwellianas que interpretam as influências electromagnéticas sôbre o espaço como relações de campos isolados. Através das equações de campo, Maxwell tornou possível investigar as referidas relações matemàticamente. Dessas equações resultou que as influências

electromagnéticas no espaço se propagam em forma de oscilações ou ondas. Visto que, conforme já era sabido, também a luz se projeta em ondas e, como então se verificou, obedece a essas equações de campo, Maxwell formulou o princípio hoje geralmente aceito de que a luz é irradiação electromagnética de diferentes comprimentos de onda. Com isso completara-se a segunda fase no desenvolvimento de uma idéia científica: o conceito antes meramente hipotético agora se tornava útil pela possibilidade de formulá-lo e demonstrá-lo matemàticamente.

Estimulado pelas equações de Maxwell, Helmholtz incutiu no espírito do seu aluno Heinrich Hertz a idéia de investigar experimentalmente essas vibrações electromagnéticas. Foi assim que Hertz, nos meados de 1880, iniciou as suas famosas experiências em que, tendo construído o primeiro aparelho "transmissor de ondas", conseguiu projetar ondas electromagnéticas artificialmente produzidas. Esta é a terceira fase no desenvolvimento de uma teoria científica, isto é, tendo resolvido as equações constrói-se um aparelho para a experiência física que comprova a exatidão das mesmas pelo êxito da experiência.

Dez anos mais tarde Marconi alimentava a idéia de explorar pràticamente essa transmissão sem fio das ondas electromagnéticas. Em 12 de dezembro de 1901 conseguiu enviar o primeiro telegrama sem fio da Inglaterra para a costa americana, através do Atlântico. E com isso iniciou-se o século das transmissões sem fio: era a quarta fase do desenvolvimento de uma idéia científica: a sua aplicação prática.

Como se vê, é um caminho reto o que conduz do ponto em que Faraday realizou, no seu gabinete, as primeiras tentativas com fios de cobre e varas de ferro — sem esquecer as idéias grandiosas que nessa ocasião lhe povoavam o espírito — até aos dínamos, motores elétricos, aparelhos de rádio e televisão. Se alguém hoje liga o rádio, ouvindo Londres ou Roma, deve pensar no seguinte: É ao conceito de Faraday que se deve êsse prazer, essa grande aventura. É bem possível que esta noite em alguma parte do mundo se encontre algum novo Faraday, desconhecido para nós assim como aquêle era desconhecido para os seus contemporâneos, elaborando um conceito científico que daqui a 100 anos a humanidade tenha que agradecer tanto quanto nós a êsse princípio aparentemente tão abstrato. Conceito. Fórmula. Experiência. Aparelho — são essas as fases que levam da ciência à técnica.

Newton, tentando formular a relação entre os corpos, partia do pressuposto de que a unidade fundamental da matéria seria, ao contrário do espaço vazio, um corpo delimitado, o átomo. Einstein trabalha com idéias completamente diversas, isto é: as unidades fundamentais da matéria não seriam "corpos" isolados no espaço, mas êste seria um campo de energia. Onde essa energia se concentra até certo ponto, ela se manifesta como matéria. A substância e a energia constituem uma unidade: a energia-substância. A matéria é a parte central da energia-substância que se apresenta como *massa;* o *espaço* é a parte em que a energia-substância não mais se apresenta como massa, mas sòmente

como *energia*. Afastando-se do centro, a energia, segundo as leis de Newton diminui em 2.ª potência, isto é, na distância duplicada diminui a $^1/_4$, quadruplicada a $^1/_{16}$ e centuplicada a $^1/_{10.000}$ do valor inicial.

A fração diminui cada vez mais, mas nunca atinge o zero. A ciência não inquire o "muito" ou o "pouco", mas sim "se é" ou "se não é". Na teoria científica a energia de cada unidade de massa atinge o "infinito" e todo eléctron está relacionado com todos os outros através da influência recíproca dos campos. Os campos propagam-se com a velocidade da luz. A soma dos campos de fôrça é o "espaço".

O número de componentes da massa permite o cálculo da dimensão do espaço: Em cada centímetro cúbico de espaço do nosso mundo encontra-se em média um átomo. O espaço criado pelos átomos deveria possuir um diâmetro de *35.000 milhões* de anos-luz. Essa é a dimensão do nosso mundo. Costuma-se dizer que a ciência leva à modéstia.

Como isto é verdade! O infinito de que está cheio Giordano Bruno encolheu até atingir o valor modesto de 35 milhões de anos-luz.

2) A curvatura do espaço determinada pela energia das massas

Quem quiser aprender não tema as definições relevantes e procure gravar o seguinte:

A "imagem do mundo" de Newton transformou-se em "imagem de campo" de Einstein. Do "espaço universal" vazio originou-se o "espaço de campo" e até se pode dizer a "espuma de campo", pois o espaço de Einstein tem a estrutura da espuma. Assim como a gôta de água se dilata na bôlha de sabão, assim o espaço se propaga ao redor de cada elemento de massa. Se houvesse sòmente uma unidade de massa, o universo seria uma bola de espaço com o centro na mesma. Mas há muitas, e, por conseguinte, as bolas se chocam, dando origem à espuma constituída de campos, ao espaço constituído de campos. A soma das massas e seus respectivos campos constitui o mundo.

Se tomarmos uma pimenteira, deixando cair grãozinhos na nossa espuma de campo, o que acontecerá? Êles flutuam sôbre os espaços curvos das bôlhas de sabão, até que fiquem parados nos interstícios. É assim que agem os corpos no espaço universal. O Sol está no centro do sistema solar, sendo contornado pelos planêtas a intervalos determinados. O Sol como soma de eléctrons é um turbilhão imenso. Suas espirais são as órbitas dos planêtas.

Mas cada planêta, por sua vez, forma em tôrno de si mesmo um campo de espaço. Êstes campos são, segundo Einstein, "entrosados um no outro" e, ao girarem os planêtas em tôrno do Sol, êsses campos entrosados deslocam um ao outro como rodas dentadas. O sistema solar é máquina de espaço e se o espaço fôsse visível, teríamos a impressão de vivermos no interior de enorme relógio celeste.

Por causa das diferentes dimensões das massas, os campos também são de forma irregular. O Sol constitui um campo imenso, cada planêta um "espaço privativo" menor e cada satélite ainda outro inferior. Todos os corpos do sistema solar têm de esgueirar-se através dessa estrutura de campo, acompanhando assim as curvaturas do espaço.

Conforme sua distância do Sol, as fôrças do seu campo diminuem. Não se pode, por isso, provar perturbações produzidas pela curvatura do espaço nos planêtas distantes. Mas Mercúrio está próximo do Sol e só possui pouca massa, de modo que se deixa tirar da órbita com relativa facilidade. Efetivamente se conhece uma "perturbação" da órbita de Mercúrio, descoberta em 1840 por Leverrier, a "Translação Anormal do Periélio de Mercúrio", isto é, o ponto em que Mercúrio, ao dar volta ao Sol, se acha mais próximo dêle, se adianta a cada volta um pequeno nada e no decorrer de 3 milhões de anos mais ou menos êle completa uma volta ao redor do Sol (Fig. 7). Êsse problema

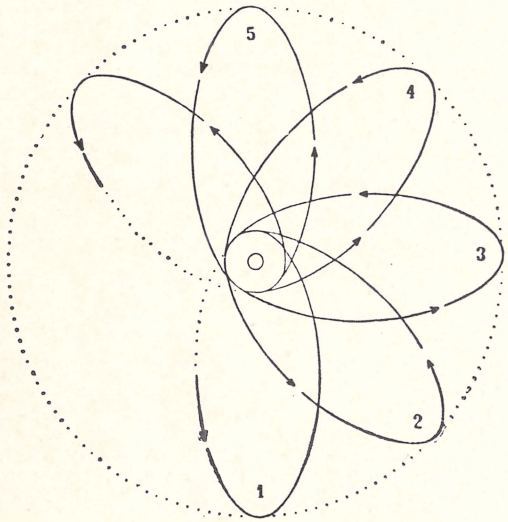


Fig. 7 — A PRIMEIRA DEMONSTRAÇÃO HISTÓRICA PARA A JUSTIFICAÇÃO DA "NOVA IMAGEM DO MUNDO" verificou-se quando a "translação anormal do periélio de Mercúrio", conhecida desde 1840, de acôrdo com as fórmulas de Einstein para a curvatura do espaço não se mostrou mais como "perturbação", mas sim como comportamento conseqüente do planêta próximo ao Sol.

foi muito discutido e muito estudado matemàticamente e já Laplace havia proposto alterar as fórmulas de gravitação de Newton. Elas estavam "erradas" por um fator de 0,000.000.15. Foi possível a Einstein dar não só uma explicação plausível para êsse êrro (a curvatura do espaço), como fornecer também um cálculo matemático através do qual o êrro desapareceu. Não era a solução de um problema estudado inùtilmente há 100 anos, mas essa "correção" da fórmula de Newton, considerada infalível, é que deixou o mundo dos cientistas espantado. Verificou-se que era possível obter fórmulas melhores que as de Newton, o que era inacreditável. Pela primeira vez pressentia-se, ainda que de longe, que a imagem do mundo de Newton não era perfeita. Nestas circunstâncias verificaram-se os seguintes acontecimentos relevantes.

Einstein dizia: Tudo que se move no sistema solar, inclusive a luz, tem de acompanhar os sulcos e curvas do espaço. "Um raio de luz atravessa o sistema solar da mesma maneira como o faria um planêta que tivesse a sua velocidade. Se um raio de luz penetra as proximidades do Sol êle segue então a acentuada curvatura do espaço, próxima ao Sol. Em circunstâncias normais não se pode acompanhar um raio de luz que passa próximo ao Sol. Mas durante um eclipse total do mesmo aparecem estrêlas na beira do disco escuro. Nesse instante se nos oferece ocasião de reconhecer a curvatura do raio de luz pelo desvio das imagens das estrêlas. Para a primavera de 1919 predizia êle um eclipse do Sol que seria muito propício à observação, pois o Sol nesse dia estaria entre as Híades.

Embora a primeira grande guerra estivesse apenas terminada e Einstein fôsse um jovem físico "lá na terra inimiga", a "Royal Society" de Londres mostrou tal interêsse por essa predição (e honra lhe seja feita por êsse motivo) que ela enviou uma expedição ao Brasil. O mundo científico esperava o resultado dessa experiência realizada pela natureza com a mesma expectativa do público de uma grande cidade à espera do resultado de um campeonato mundial de boxe. Para Einstein não constituiu uma sensação. Êle jamais duvidara do resultado e, quando muitas semanas mais tarde se podia, nas chapas fotográficas, determinar quantitativamente o desvio, inferior, porém, ao que êle predissera (1,64 segundo do arco, contra 1,75) deu êle a sua já citada resposta: "Quando fotografarem melhor na próxima vez, as estrêlas serão vistas nas chapas no lugar correto". (Fig. 8).

Quando em 1605, Kepler solicitou aos homens de ciência observarem um eclipse do Sol que se ia verificar, enviando-lhe os resultados, cunhou êle a bela sentença: "Os eclipses são o ôlho do astrônomo". Pelo eclipse do Sol de 1919 foram abertos os olhos dos físicos e astrônomos. Êles viram que chegara a ocasião de rever as concepções sôbre a gravitação e o dogma sôbre o espaço vazio e o movimento retilíneo da luz. E assim realizou-se uma velha predição da Bíblia "... e o curvo se tornará reto".

Seis meses depois, casualmente o dia do 1.º aniversário do armistício de 1918, a "Royal Society", cujo patrono foi Newton, promoveu uma sessão solene para Einstein, oferecendo-lhe a mais alta honraria de que dispõe. O decano dos cientistas inglêses vivos daquela época, o matemático e filósofo Whitehead descreveu essa sessão minuciosamente, dela dizendo: "Havia no ambiente qualquer coisa que lembrava um drama grego". Era mesmo dramática a cena: lá fora marchavam, ao som das trombetas, as tropas em desfile comemorando a vitória das armas, dentro colocava-se no "físico da terra inimiga", como o denominavam naquela época, a coroa que pertenceu ao venerável Newton durante 200 anos. E o próprio Newton parecia sorrir dentro da moldura do retrato.

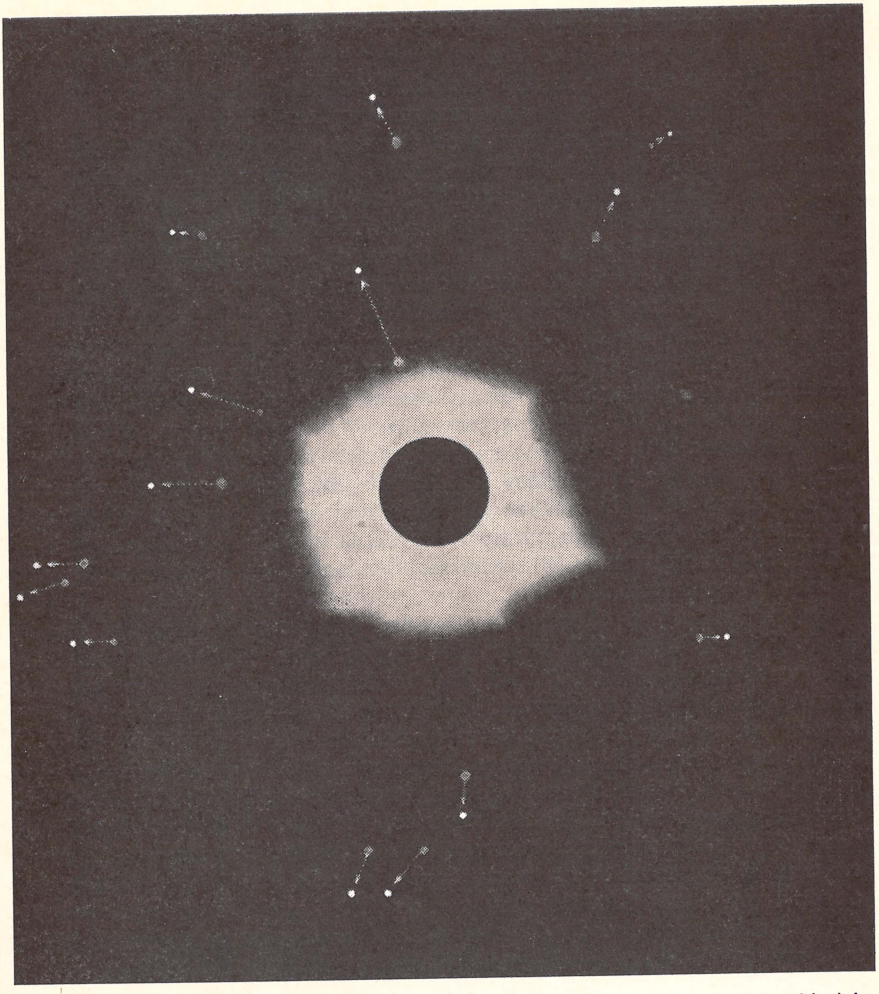


Fig. 8 — A CURVATURA DO RAIO DE LUZ. A fotografia memorável na história da ciência, que representa o eclipse do Sol de maio de 1919, na qual as estrêlas aparecem deslocadas na proporção do comprimento das flechas, porque os raios de luz são desviados pela fôrça da gravidade solar.

3) Os mundos "supra-sensíveis" e a "quarta dimensão" na imagem do mundo da ciência moderna

A massa forma o espaço. Daí a natureza do espaço depender da natureza da massa. Quanto mais "maciça" a massa tanto mais acentuada é a curvatura do espaço. "As massas fortes" — diz Einstein — "o espaço envolve como papel de embrulho". Empregamos propositalmente a expressão "maciça", pois aquilo que denominamos massa está

longe de ser realmente o que se designa por êsse nome. Os átomos movimentam-se a distâncias relativamente astronômicas uns dos outros e cada átomo está novamente tão aberto e privado de massa como um sistema solar: 100 milhões de vêzes mais espaço do que massa. Em tese pode-se, primeiramente, reunir os átomos a um 100 milionésimo de suas distâncias; em 2.º lugar reduzir os próprios átomos mais uma vez à sua 100 milionésima parte. Notem-se as duas palavras: reunir e reduzir. Nada indica que não haja possibilidade de isso se concretizar oportunamente no universo. Em tôrno de verdadeiras massas como essa, o espaço deveria ter uma curvatura tal que os raios que tentassem escapar-lhes não se desprendessem mais, mas circulariam como peixes ao redor do aquário. Esta massa não se pode ver, porque os seus raios de luz formam um "aro" que pode ter uma temperatura de milhões de graus, mas o espaço em tôrno é frio como o interior de uma garrafa térmica. Se aparecesse um navio do espaço, chocar-se-ia com ela como um avião contra uma rocha na neblina e se queimaria nesse carrossel de raios como a môsca na luz. Como o navio não voltaria, jamais se teria notícia ou qualquer advertência. E ainda que houvesse sucessores, nenhum regressaria e assim êsse mundo, o mais real de todos ficaria vedado à apreensão dos nossos sentidos, constituindo mundo "supra-sensivel".

Quando Einstein chegou aos Estados Unidos pela primeira vez, o navio foi recebido pelos apitos das embarcações ao largo do pôrto e as sirenas das fábricas. Verdadeiras hordas de repórteres invadiram o convés como se fôssem piratas. Desejavam êles — como sempre nestas ocasiões, qualquer coisa impossível: queriam obter em dois minutos o conteúdo de uma teoria que custou ao seu criador vinte anos de elucubrações. Mas com a sua habitual imperturbabilidade diante de situações que põem em jôgo o espírito, Einstein não teve dúvidas e disse: "Se os senhores não tomarem muito a sério o que digo, poderei exprimi-lo da seguinte maneira: dantes acreditava-se que, se fôsse retirado tudo do mundo, ficariam o espaço e o tempo. Hoje acreditamos que, se retirássemos tudo do mundo, o espaço e o tempo juntamente se desvaneceriam".

Já não nos soa absurdo que o espaço desapareça, mas que o mesmo aconteça ao tempo é uma idéia com que devemos nos familiarizar pouco a pouco. O espaço é a distância entre as coisas; o tempo é o intervalo entre os acontecimentos. Quando não existem coisas não há distâncias. Quando não se verificam acontecimentos, também não há seqüência temporal. O tempo é como a música. A fim de que ela exista é preciso tocar.

Ao descrever um acontecimento no espaço tridimensional, digamos um fato que se dá num avião, fixemos antes de mais nada as 3 dimensões a fim de determinar o ponto em que se acha o avião: 1.º) a posição norte-sul, 2.º) a posição leste-oeste, 3.º) a altitude. Como quarta dimensão é preciso acrescentar o tempo. O físico denomina êstes 4 valores o "Contínuo espaço-tempo a quatro dimensões". O não-

matemático sente um arrebatamento místico quando ouve falar em coisas quadridimensionais, semelhante ao que despertam em nós as idéias de ocultismo. Entretanto, não é mais do que uma afirmação trivial, quando dizemos que o mundo em que vivemos é um "Contínuo espaço-tempo a quatro dimensões" (Einstein).

Como o tempo é o ritmo em que os acontecimentos se seguem um ao outro, cada sistema tem a sua medida de tempo própria. Nem isto é tanto novidade, como parece à primeira vista. Pense-se novamente na música. Cada instrumento toca a determinado tempo da escala sonora. Assim o pequeno tambor pode rufar, o grande bombo não. Com o violino pode-se tocar a sonata "Trinado do Diabo", mas não com o contrabaixo.

Como os instrumentos de música de tamanhos diferentes, assim se comportam também aquêles sistemas, cujo conjunto vemos ao redor de nós como a "Natureza". Um sistema minúsculo como o átomo gira depressa. O "ano" do eléctron, ou melhor, a órbita do mesmo ao redor do seu sol demora 0,000.000.000.000.001 segundo; o ano da Terra é de 365 dias; o do Sol que circula na Via-Láctea de 250 milhões de anos. A môsca tem vida rápida, o homem lenta. Os segundos-môsca são mais curtos que os segundos-homem. Para cada sistema e cada criatura, o metrônomo do tempo bate em outro compasso.

4) As variações da massa, das medidas e do tempo por influência das variações da energia

Se aquecermos um ferro de engomar, fornecemos-lhe energia. Energia é energia-substância, por isso tem pêso. O ferro quente pesa mais do que o frio. O automóvel em movimento pesa mais do que o que está parado, porque possui mais energia. O pêso de um carro de 1.000 quilogramas que começa a locomover-se e é acelerado para 60 km/h, aumenta 0,000.000.000.02 g. Até 100 km/seg o aumento de pêso é sem importância; entre 100.000 e 150.000 km/seg êle se eleva para 15 %; entre 150.000 e 250.000 km/seg e especialmente aproximando-se da velocidade da luz, a massa vai aumentando em curva íngreme. A 0,999 da velocidade da luz um eléctron em movimento é 2.000 vêzes mais pesado do que quando imóvel, adquirindo então pêso correspondente ao do próton. A velocidade da luz, segundo as fórmulas de Einstein, não pode ser alcançada, pois com essa velocidade a massa alcança o valor de "infinito"; o eléctron identificou-se com o universo e pára.

O aumento da massa está ligado à diminuição do diâmetro na direção do movimento. A Terra gira a 30 km/seg ao redor do Sol. Em conseqüência dêsse movimento, o seu diâmetro no equador é 10 cm mais curto do que seria se a Terra fôsse imóvel. Um carro em movimento aumenta de pêso, mas diminui de comprimento por efeito da sua contração. Se os homens pudessem voar, não a 1.000 km por *hora,* mas por *segundo,* êles diminuiriam e se contrairiam nesse vôo. Se se

aproximassem da velocidade da luz, seus ossos endureceriam como ferro, os tecidos se tornariam inflexíveis como o celulóide e os olhos se vitrificariam, mas êles não observariam essa contração, pois com ela, o seu navio espacial encurtaria e tudo que estivesse dentro dêle. A nossa medida métrica, em conseqüência do movimento da Terra ao redor do Sol, é 0,000.000.001 cm mais curta do que seria sem êsse movimento. Isto não é pouco para uma ciência que calcula com 13 e 20 decimais. Não sabemos de quanto é a contração "realmente", pois não sabemos com que rapidez nos movimentamos no universo. Se a máquina do mundo parasse de repente, as nossas medidas métricas se estenderiam como cobras e o alfinête em nossa mão se encompridaria até atingir o tamanho de uma vara de pescar, mas não o notaríamos, pois estaríamos aumentando na mesma proporção. Tornar-nos-íamos gigantes, a segurar nas mãos lápis do comprimento de troncos de árvores e as nossas cabeças só não penetrariam nas nuvens, porque estas por sua vez, se elevariam até as camadas estratosféricas — nada se alteraria, porque as proporções permaneceriam as mesmas.

Assim como cada massa com o seu "campo" forma o próprio espaço, todo o campo de espaço possui certa velocidade dos acontecimentos, correspondente à sua energia e que se retarda com o aumento da energia. Se subirmos os 86 andares do Empire State Building em Nova York, nos encontraremos mais longe da Terra; a fôrça do campo é menor, o relógio será menos frenado e andará com velocidade aumentada de 0,000.000.000.000.05 %. Quem tiver vontade que calcule quanto tempo deve permanecer lá em cima para que o seu relógio se adiante um minuto.

Se alguém partir da Terra num veículo interplanetário, os relógios começam a andar mais depressa, porque a atração da Terra diminuiu. Mas se voarmos em direção ao Sol, êles passam a andar mais devagar devido ao aumento da fôrça de atração. Cruza-se um ponto entre a Terra e o Sol, onde os relógios passam a funcionar "corretamente" de novo. Chegados à "corona" do Sol êles andam 0,000.000.5 % mais devagar do que em Greenwich.

Cada aumento de energia tolhe o movimento do relógio; um relógio aquecido é mais vagaroso do que um relógio frio. Quanto mais ràpidamente o maquinista deixa o trem correr, mais devagar corre o seu relógio e quando alcançar a velocidade da luz, o relógio parará. Não há, naturalmente, relógios em que se possam observar retardamentos tão diminutos como os obtidos por experiências terrestres. Mas Einstein nunca denota embaraço. Êle diz: "Nos átomos temos relógios que, em primeiro lugar, dão tantas rotações que já um desvio de 0,001% fornece valores mensuráveis e, em segundo lugar, se podem arremessar através do vácuo com a velocidade de 200.000 km/seg.

O retardamento do movimento do eléctron torna-se reconhecível no espectro. Conforme o estado de energia do átomo, os eléctrons executam saltos e produzem ondas de luz de comprimento determinado. Retardando-se o movimento dos eléctrons, os saltos tornam-se mais

compridos, a luz projetada torna-se mais pobre de energia e a onda mais fraca. Einstein calculou o desvio da luz projetada pelo Sol através do seu campo de gravitação em comparação com a luz do campo de gravitação da Terra. Os cálculos dêle foram confirmados e o referido desvio é denominado "efeito de Einstein". Cada estrêla tem uma "cota de gravitação". Do desvio das linhas no espectro, pode-se avaliar a massa das estrêlas.

Nos átomos de um ser vivo também os eléctrons giram mais vagarosamente quando êste se encontra no "campo de gravitação" das grandes massas, ou se movimenta com velocidades próximas às da luz. Também o ser vivo vive no ritmo de tempo que corresponde ao seu sistema de referência. Êle vive rápido em mundos leves, e devagar em mundos pesados. O homem pode ser considerado como um maquinismo de relógio que, como o brinquedo a que se deu corda, tem vida durante certo número de voltas. Se o maquinismo anda mais devagar êle corre mais tempo. No satélite de Sírius, um homem viveria mais vagarosamente, mas proporcionalmente mais tempo. Se os homens voassem no avião interplanetário, presentemente apenas imaginado, com uma velocidade próxima da luz, de tal forma se retardaria nêles a velocidade dos eléctrons que o curso da vida diminuiria muito. O coração só bate com intervalos de alguns segundos, o sangue corre preguiçoso, a temperatura do corpo cai. Mas os homens não o notam. Pois como os pulsos nas suas veias, também os relógios nos braços batem mais devagar, e os pulsos descem a 70. Também o disco do calendário gira preguiçosamente e mesmo quando temos na parede uma folhinha, o homem só se aproxima dela uma vez por semana, de acôrdo com o seu relógio, para destacar uma fôlha. Para tais pessoas, nada se modifica. Se êles partiram com o propósito de empreender uma viagem de 5 anos e cumprem o programa pelo seu calendário, ao regressarem não reconhecerão suas espôsas e filhos. É que êstes viveram 5 vêzes mais depressa e são 25 anos mais velhos. Suas mulheres tornaram-se suas mães, os filhos, irmãos. Ficam confusos e exclamam como Hamlet:

Dos gonzos saiu o tempo. Maldição!
Ter vindo ao mundo para endireitá-lo! (*)

Mas certamente homens, que voltassem após anos de viagem à velocidade da luz, não citariam Shakespeare. O coração dêles como o dos hibernantes sòmente bateu uma dúzia de vêzes por minuto, e sòmente respiraram uma vez em cada minuto. Com o bater do pêndulo dos relógios e dos corações também os seus pensamentos ficaram preguiçosos. Saíram gênios e voltaram idiotas.

(*) Da tradução do Hamlet, por Carlos Alberto Nunes, Edições Melhoramentos. (N. d. T.).

Capítulo V

O ÁTOMO

1) Os modelos dos átomos e a sua volatilização de "sistema solar" para "halo"

Tôda criança sabe e não é preciso falar muito a respeito: as coisas são realmente, como as descreviam há mais de 2.000 anos os filósofos pré-socráticos, constituídas de partículas infinitas, os átomos. Tôda transformação na natureza, como diziam aquêles filósofos hilozoístas, é baseada no amor e ódio dos átomos. Os átomos são efetivamente, como Newton os concebia por pura intuição, "partículas de massa: sólidas, duras, impenetráveis e indestrutíveis". Segundo a conceituação de 1700 isso era absolutamente certo e para o homem até 1900, também. Sòmente no século XX, quando se bombardearam essas partículas com os tremendos canhões circulares, os cíclotrons, tais noções já não resistiram, como não resistiram os átomos, pois ficou provado que a partícula sólida era simples imagem artificialmente constituída. Isso não representa refutação de idéias anteriores, e não se trata de algo pouco natural: é apenas a essência do progresso em ciência ou conhecimento do mundo. Assim são tôdas as coisas: por trás da estrutura dura do osso descobriu-se, no século XIX, o fino tecido das células vivas, que são os "átomos" do corpo humano. Dos pontos que representam as estrêlas sabemos hoje que são grandes sóis, e, na maioria, estrêlas duplas. Uma pesquisa futura descobrirá que além dêsses sóis ainda giram e se agitam planêtas, luas e cometas, nesses aparentemente "sólidos, duros e impenetráveis" pontos de luz. Hoje em dia falamos em núcleo atômico. Daqui a cem anos esta expressão grosseira causará riso. Assim como penetramos no interior do átomo, os nossos netos penetrarão no seu núcleo. Já como sistema solar, a nossa representação moderna do átomo foi superada. Êle ainda é muito mais etéreo!

Em 1925 o átomo era representado conforme a Fig. 9. É o modêlo atômico do dinamarquês Niels Bohr. Não é errado e não o será jamais. Bohr fêz em relação ao átomo o que Copérnico fêz em relação ao sistema solar. Êle apreendeu a sua estrutura e, além disso, como Kepler, ainda formulou as leis que regem o movimento e posição de seus planêtas. O átomo de Bohr é um "sistema solar", tendo o núcleo como estrêla central e uma série de eléctrons que o contornam como planêtas. As falhas dêsse modêlo revelaram-se logo, quando se verificou a velocidade com que os eléctrons dão a volta ao núcleo, isto é 10^{15} vêzes por segundo. Deixemos de lado a reflexão; procurar conceber isso é tão tolo quanto querer tocar a Lua com os dedos. A órbita do eléctron é inconcebìvelmente pequena; a velocidade é de milhares de quilômetros por segundo. Um eléctron que percorre a sua

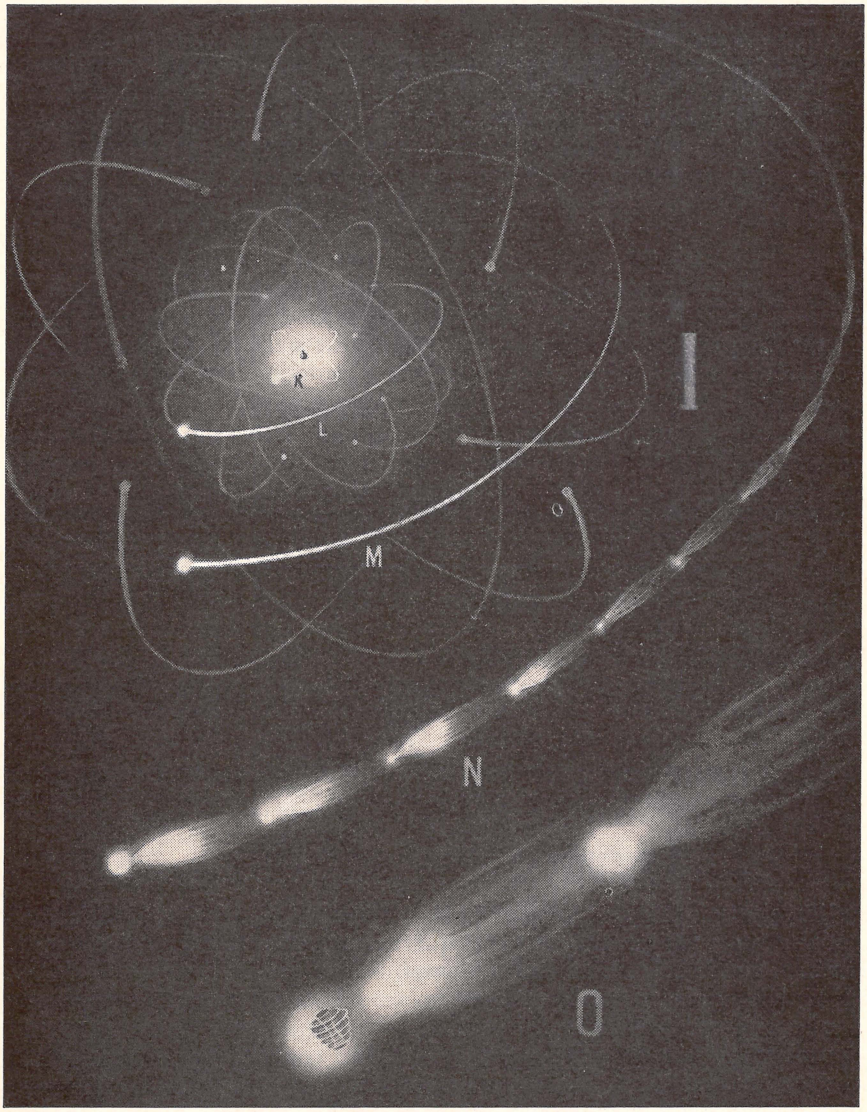


Fig. 9 — O MODÊLO DO ÁTOMO EM 1925, SEGUNDO NIELS BOHR. O átomo é uma espécie de sistema solar em que eléctrons circulam em tôrno do núcleo, percorrendo determinadas órbitas K, L, M...

órbita 10^{15} vêzes por segundo será que apresenta qualquer semelhança com planêta, corpo ou qualquer outra coisa? Onde está êle? A estas interrogações o modêlo do átomo como sistema solar não resistiu, e nisso consiste o progresso do primeiro até o segundo modêlo que, perto de 20 anos depois foi esboçado por Schroedinger, um físico vienense (Fig. 10). O eléctron que se movimenta no átomo não pode mais ser compreendido como corpo; em seu movimento êle se tornou uma "onda". 10^{15} ondas por segundo no mais estreito de todos os círculos já não são ondas que se "movimentam", mas são formas de vibração do gênero das ondas estáticas, e destas não se pode dizer para onde se dirigem. As "bolas", portanto, na Fig. 9, não existem; as curvas e sombras que indicam a direção são ficções. O átomo de Schroedinger é uma "nuvem carregada" em que vibra uma neblina de energia, embora tôdas essas imagens emprestadas do mundo humano não sejam

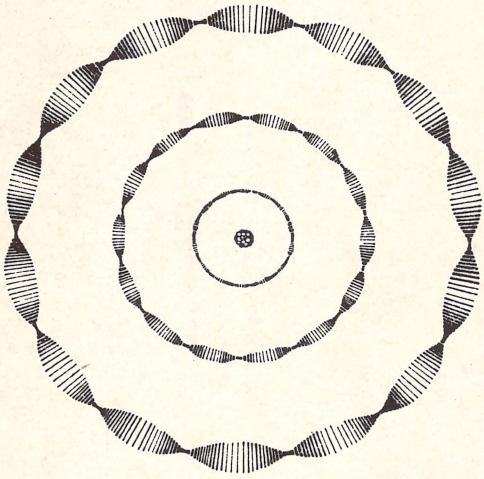


Fig. 10 — O MODÊLO DO ÁTOMO EM 1940 SEGUNDO SCHROEDINGER. O átomo é uma espécie de nuvem vibrante de energia altamente carregada. Os eléctrons são nodos num sistema de interferências e as órbitas electrônicas formam uma espécie de halo.

aplicáveis, pois falar em átomo como se fôsse nuvem e em energia como neblina seria tão absurdo quanto querer descrever uma melodia a um surdo, falando-lhe de animais: "Imagine que primeiro vem um leão, atrás dêle um elefante, depois dêste um cão e essa caravana tem de atravessar uma montanha..." Na linguagem metafórica não há palavras que possam descrever uma melodia, e não há conceitos que dêem idéias dos fenômenos que se passam no interior do átomo. Tôdas as imagens do átomo que o homem esboça, ainda que estejam dentro do mais grosso manual e assinaladas com seno e co-seno, alfa e ômega, não passam de comparações. As palavras e a imagem falham diante da fórmula, pois esta, livre de tudo que é humano, trabalha sòmente com símbolos neutros.

Também é inútil pretender traduzir cifras do mundo atômico para o mundo humano. Com uma colher de chá tira-se da xícara de café $5 \times 10^{19} = 50$ trilhões de átomos. Isto, porém, só é a décima parte

do milagre, pois cada um dêsses 50 trilhões de átomos tem uma estrutura tão espaçada quanto a do sistema solar, quer dizer em dimensões também inconcebíveis. "Sistema solar" é, pois, outro dêsses conceitos dos quais o homem jamais poderá chegar ao cabo. É preciso renunciar a êle, procurando as coisas palpáveis do mundo humano. Pense-se, portanto, no capitel de uma tôrre de igreja. Vemos pombas voando ao redor dêle. Quatro pombas. A primeira voa a uma distância de 8 km, as outras estão a 8×8, portanto a 64 km — estas são as proporções e massas de um átomo. Se a tôrre da igreja está rodeada de 60 pombas, o sistema se torna 100 vêzes maior. Se a tôrre estiver em Paris, as pombas voarão num círculo que as transporta pela Inglaterra, Alemanha, Espanha. Os diversos sistemas atômicos são, porém, (e ninguém mais se admira disso) separados por distâncias 100 vêzes maiores: uma tôrre de igreja em Paris, outra em Boston, outra em Bagdá. Os átomos oscilam para lá e para cá, é o que denominamos o seu "calor". Êles não se chocam, ricocheteiam desde que entram no campo de energia de outro átomo, da mesma forma por que os automóveis dão lugar um ao outro ao defrontar-se. Qual a distância do ricochête? De acôrdo com a nossa descrição, a distância é da Terra à Lua. A pressão que êles exercem é comparável à do vapor ou do gás que impulsiona as nossas máquinas e motores de combustão interna. Quantas vêzes êles ricocheteiam assim por segundo? Milhões, dez milhões de vêzes. Espero que nenhum leitor, que chegou até êste ponto, seja bastante ingênuo para supor que compreendeu. Se acredita ter compreendido é precisamente porque nada compreendeu.

2) A ordem dos átomos segundo o número de seus eléctrons: o sistema periódico dos elementos

O número dos eléctrons que rodeiam o núcleo atômico pode ser de 0 a 100. Em 0 o núcleo está "despido". Sob as condições atuais quase não se encontram núcleos despidos nos nossos planêtas; mas no espaço universal e no interior dos astros os eléctrons livres e os núcleos despidos constituem o "estado natural da matéria universal".

Os eléctrons rodeiam o núcleo em determinadas órbitas. As leis que regem o seu percurso foram formuladas por Niels Bohr. São de tal maneira interessantes que não se pode falar nelas sem entusiasmo artístico. São as leis de Kepler do Microcosmo.

O poder que prende o eléctron ao núcleo, conforme está descrito na *pág. 50* não é a fôrça da gravidade, mas a eletricidade; pois o efeito da fôrça de gravidade, que naturalmente está presente, desaparece com a infinita pequenez das massas e a velocidade dos sucessos em relação às fôrças da electrodinâmica. Ali a maçã que cai, aqui o raio. Os acontecimentos se verificam de acôrdo com os princípios da mecânica quântica. De acôrdo com estes os eléctrons só podem executar saltos de determinada extensão; que para a causação de reações são necessários

determinados "quanta" de energia; que em uma massa de átomos lábeis na unidade de tempo sòmente explode uma determinada quantidade; que a extensão da órbita do eléctron é sempre um múltiplo de sua própria "extensão de onda".

No átomo mais simples, *um* eléctron rodeia o núcleo numa órbita que é relativamente estreita e que se designa como a órbita K (Fig. 9). Êsse primeiro e o menor dos átomos é denominado hidrogênio, porque, associado ao oxigênio, forma a água. Para maior conveniência escreve-se apenas o H e o O, que dão a conhecida fórmula H_2O, isto é, 2 átomos de hidrogênio associam-se a 1 átomo de oxigênio.

Associando-se um outro eléctron, êle circulará na mesma distância, mas não como se representa nos esquemas dos desenhos didáticos, seguindo a mesma órbita, mas sim outra igualmente extensa que se acha inclinada, em relação à primeira, de 120°. Devemos notar sempre que cada eléctron tem a sua própria órbita (Fig. 9). Os eléctrons não percorrem o mesmo plano como os planêtas, mas tôdas as direções do espaço. O átomo, ao contrário do sistema solar, é uma bola comparável a uma cebola. Por isso não se fala de órbitas electrônicas, mas de camadas electrônicas e se denomina o modêlo esboçado por Bohr, o modêlo das cascas de cebola.

De acôrdo com as exigências da mecânica quântica, os eléctrons só podem estar a determinadas distâncias do núcleo. Um eléctron não descreve espirais à semelhança de um planêta; se pretender modificar a sua distância deve ser-lhe enviado determinado número de quanta de energia. O eléctron, então, dará um salto de extensão determinada, que é o salto-quanta.

Mais de 2 eléctrons não se podem manter à distância 1 que se denomina primeira distância electrônica K. Se aparece um terceiro, êle terá que recuar para um intervalo maior e assim forma a segunda camada denominada L (Fig. 9). Com 2 eléctrons, a primeira camada está "lotada". Se a camada foi lotada, o átomo está saturado, excluindo-se "nobremente" do mundo exterior: denomina-se "gás nobre". O átomo que tem a primeira camada electrônica lotada é o gás nobre hélio He.

A segunda camada do átomo é muito mais ampla. Nela podem girar não só 2 eléctrons, mas 8. Se está lotada, o átomo tem $2 + 8 = 10$ eléctrons, constituindo o gás nobre néon Ne (Fig. 11). Se aparece o undécimo eléctron, êste tem que se dirigir para a distância 3, formando-se assim a terceira camada M, havendo nela lugar para 18 eléctrons (Fig. 9). E assim por diante. Os átomos que têm 2, 10, 18, 36, 54 eléctrons são átomos com camadas lotadas, os gases nobres; na Fig. 11 êles estão representados no raio vertical, um abaixo do outro.

Se nos afastarmos do raio dos gases nobres para a esquerda, veremos no raio seguinte os átomos com 9, 17, 35, 53 eléctrons. Em cada um dêsses átomos falta na camada externa um eléctron. São os elementos flúor F, cloro Cl, bromo Br, iôdo I. Se observarmos o outro lado veremos os átomos 3, 11, 19, 37, 55 no mesmo raio; nêles vemos um

Fig. 11 — O SISTEMA PERIÓDICO. Cêrca de 100 elementos diferenciam-se pelo número de prótons nos núcleos dos átomos e número equivalente de eléctrons nas camadas (números ao lado dos círculos). Os átomos com camadas lotadas igualmente se assemelham um ao outro, pelo que se verifica uma periodicidade de propriedades.

eléctron solitário girar na camada externa. São os elementos lítio Li, sódio Na, potássio K, rubídio Rb e césio Cs. Todos os átomos procuram lotar sua camada electrônica exterior, tornando-se portanto "gases nobres". Os átomos se "ressentem" das lacunas na camada externa, e daí se explica o seu comportamento químico. Os átomos se unem para preencher mùtuamente os vazios de suas camadas electrônicas externas. Os átomos 9, 17, 35, que conduzem um eléctron solitário em sua camada externa, unem-se aos átomos 11, 19, 37, em cujas camadas externas existe um lugar vazio para um único eléctron. O sódio 11 une-se ao cloro 17, porque o sódio tem $10 + 1$ eléctrons, portanto 1 eléctron a "mais" e cloro $18 - 1$, portanto um eléctron "a menos" para ser um "gás nobre". O eléctron em excesso do sódio preenche o vazio na terceira camada exterior do cloro: daí ser o cloreto de sódio NaCl, o sal de cozinha, tão espalhado na Terra. Pelo mesmo motivo o potássio $(18 + 1)$ fàcilmente se une com o bromo $(36 - 1)$, formando bromo-potássio. Com isso desvenda-se a essência da afinidade química por tanto tempo incompreendida. O átomo exclama: "Completa a minha órbita e eu me unirei a ti. Transforma o meu torso crivado de lacunas em um "gás nobre" e eu me juntarei a ti". (Figs. 119 e 121).

Se os átomos são ordenados de acôrdo com os seus eléctrons, verifica-se que os que possuem número igual de eléctrons na camada exterior se assemelham sob o ponto de vista das propriedades químicas. Os átomos com as camadas lotadas 2, 8, 10 são gases nobres. Os átomos aos quais falta um eléctron são os "halogênios", os formadores de sais flúor, cloro, bromo, iôdo. Os átomos que ao contrário, levam um único eléctron na camada exterior, são os metais leves tão semelhantes entre si, como o sódio, o potássio... Assim todos os átomos com números de átomos ou lacunas correspondentes mostram traços de afinidade: 6 e 14: carbônio e silício, 12 e 20: magnésio e cálcio, 15 e 35: fósforo e arsênio. Se os átomos se ordenam de acôrdo com o número de seus eléctrons, obtém-se pelo retôrno periódico das propriedades o "sistema periódico", descoberto há 100 anos atrás, simultâneamente, por Mendelejew na Rússia e Lothar Meyer na Alemanha, mas que só 50 anos depois, graças ao modêlo atômico de Bohr, foi compreendido.

3) O núcleo do átomo

No centro do átomo está o núcleo (Fig. 12), como o caroço dentro de uma cereja. O núcleo do átomo é uma formação viva e dinâmica, como o tenta demonstrar a Fig. 13. Êsse "Retrato do Núcleo do Átomo" é naturalmente uma fantasia, como tôdas as imagens do átomo, pois só pode "parecer" qualquer coisa que irradia ondas de luz. O núcleo do átomo é mil vêzes menor do que devia de ser para poder irradiar a mínima oscilação de luz visível. Antes poderia uma formiga soprar um trombone. As oscilações enviadas por núcleos de átomos são

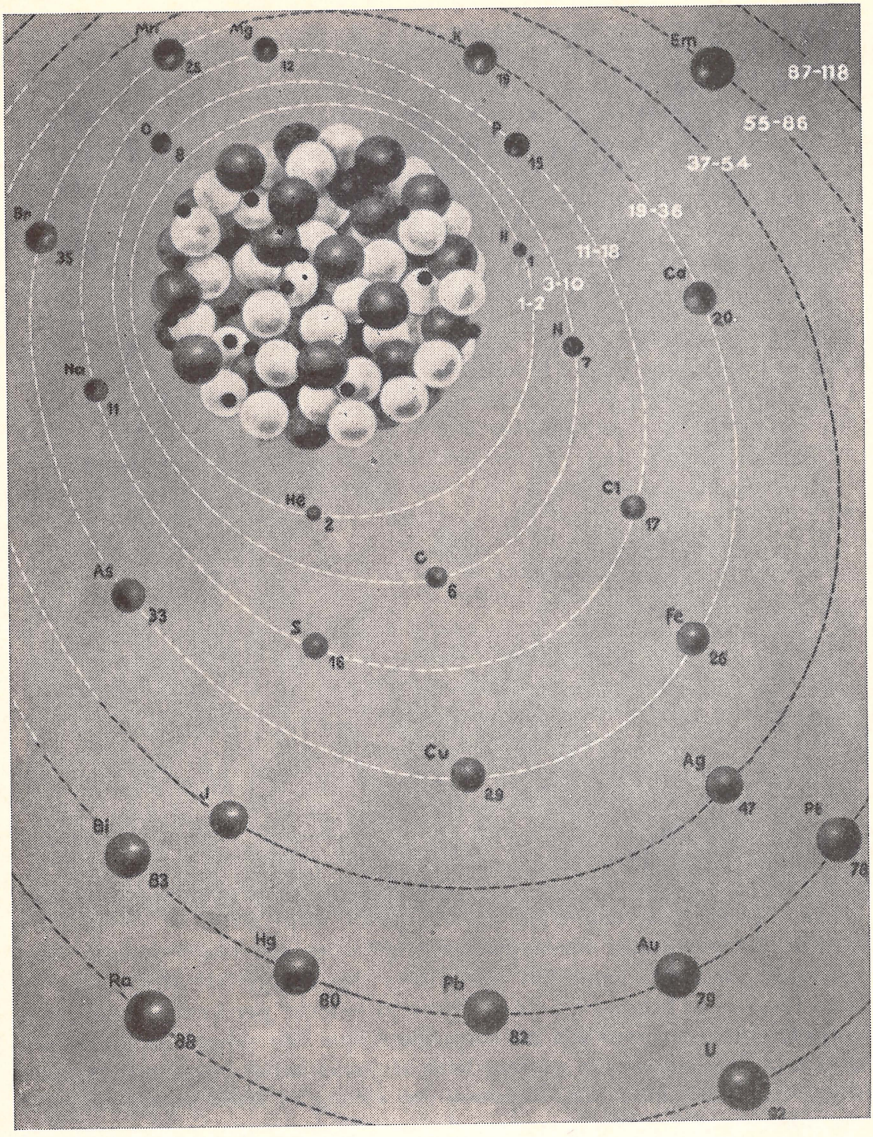


Fig. 12 — ESQUEMA DO ÁTOMO. Em tôrno de um núcleo composto de prótons, nêutrons e partes menores circulam eléctrons nas camadas. O número dos eléctrons determina o "elemento": 7 eléctrons = N, nitrogênio; 26 eléctrons = Fe, ferro; 92 eléctrons = U, urânio.

tão curtas e, por conseguinte, tão rápidas que elas correspondem, expressas em graus de temperatura, a milhares de milhões de graus.

Entre núcleos e eléctrons existe a mesma relação que entre Sol e planêtas. Os planêtas querem fugir e o Sol os retém. A resultante dessas duas fôrças é o movimento planetário. As fôrças que agem entre o núcleo e o eléctron são de natureza elétrica. A carga elétrica do eléctron se denomina "negativa". A fôrça contrária através da qual o núcleo o atrai denomina-se positiva. Para cada eléctron, que gira fora nas camadas, o núcleo contém um corpo que corresponde ao eléctron em sua fôrça elétrica, mas que exerce efeito oposto, com "carga positiva" e se denomina próton, parte primitiva. O próton é mais ou menos 2.000 vêzes mais pesado do que o eléctron, mas não é maior. Por conseguinte êle deve ser muito denso. É o material mais denso que conhecemos. O próton é aquilo que Newton e todos os físicos depois dêle presumiram acêrca do átomo: uma parte de massa inconcebìvelmente dura de extensão mínima; mas "inquebrável" não é nem mesmo o próton. Assim como o átomo, também o próton não justifica o seu nome, pois, na certa, não é a verdadeira "parte primitiva".

Os corpos de carga idêntica se repelem, e é esta fôrça de repulsão que se manifesta como "energia atômica na explosão do núcleo do átomo". Os 26 prótons no núcleo do átomo de ferro se repelem com uma pressão de 7×10^{18} atmosferas e desenvolvem em sua disjunção explosiva uma temperatura de 8.000 milhões de graus. "Êsse Deus que faz crescer o ferro" deve ter manobrado em uma forja infernalmente quente.

Apesar dessa pressão formidável os prótons não se desintegram, pois êles se acham associados a corpos de tamanho igual, que além de carga positiva ainda veiculam uma negativa; são neutros e portanto denominados nêutrons.

Entre os prótons e os nêutrons movimentam-se corpos em uma e outra direção que, conforme os seus pesos respectivos, assumem uma posição intermediária entre próton e eléctron; são denominados "mediadores", mesons. Êstes são portadores das "fôrças de troca", que é uma fôrça cuja função é a de ser constantemente permutada pelos dois corpos, entre os quais ela se encontra e que são mantidos sob o seu domínio. Isso não é tão extraordinário como parece, mas o fenômeno é até conhecido por nós. Vejamos um exemplo: Dois jogadores estão sentados ao redor de uma mesa durante horas e não conseguem "separar-se". O que é que os segura tão màgicamente? São as cartas do baralho que êles "trocam". Assim também agem as peças do xadrez. Como nos movemos no mundo do átomo em que os eléctrons giram 10^{15} vêzes por segundo em tôrno do núcleo, não nos assustamos quando descobrimos que os jogadores no núcleo atômico trocam a sua "bola" 5×10^{17} vêzes por segundo (Fig. 13). Êsse fenômeno deveria ser o acontecimento constante mais rápido que se processa em nosso mundo

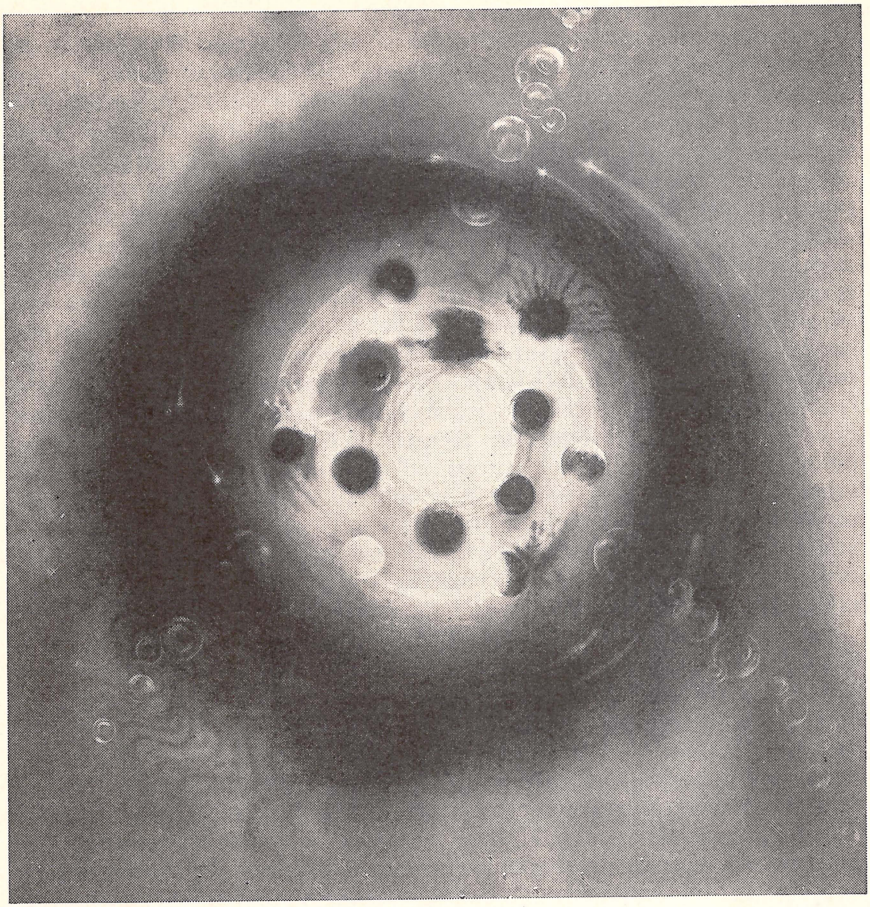


Fig. 13 — O NÚCLEO ATÔMICO. *"O indescritível está realizado aqui..."*. Tentativa de representar a natureza dinâmica do núcleo atômico.

exterior e interior. Se refletimos quantos núcleos atômicos neste instante "jogam tênis" dentro de nós mesmos e pensamos que o fazem sempre e em tôdas as partes do universo, essa idéia provoca arrepios. Shakespeare já escrevia: "O melhor da humanidade é o tremor".

4) A liberação da energia adormecida no núcleo atômico

Para a felicidade dos homens — assim o esperamos — o número de nêutrons no núcleo atômico é estável. O número de prótons está estabelecido. O núcleo contém tantos prótons quantos eléctrons giram no exterior nas camadas. O número de nêutrons, porém, é em geral

maior. Quanto mais prótons, mais nêutrons são necessários para mantê-los unidos: em núcleos de 50 prótons mais ou menos 70 e nos de 90 prótons mais ou menos 140. O número dos nêutrons varia; há na natureza um carbônio de 12 nêutrons e outro de 13 nêutrons. Há átomos de urânio com 142, 143 e 146 nêutrons. Denominam-se êsses variantes "isótopos", isto é, os que, no sistema periódico, estão no mesmo lugar (isos = mesmo, topos = lugar). Distinguem-se os de menos nêutrons por "isótopos leves" e os de mais nêutrons por "isótopos pesados".

Depende do número dos nêutrons o fato de o núcleo ter construção mais ou menos simétrica ou assimétrica, e ser êle por isso energèticamente estável ou lábil. Núcleos de números ímpares de nêutrons são em geral mais lábeis e portanto mais fáceis de desintegrar. Dos 3 tipos de núcleos de urânio só o de 143 nêutrons é que se deixa desintegrar com relativa facilidade. Por isso, quando da fabricação da bomba atômica, foi necessário isolar êsse isótopo do conjunto de átomos. As tremendas dificuldades técnicas que tiveram de ser superadas na construção da primeira bomba atômica não consistiam apenas na preparação da própria bomba, mas sobretudo na "separação dos isótopos", na obtenção de um urânio cujos núcleos atômicos tivessem 143 nêutrons. Foram necessárias fábricas de extensões quilométricas e o penoso trabalho de milhares de centrífugas e de câmaras de difusão. Jamais uma emprêsa tão grande se concentrou num objeto tão pequeno.

O comportamento do núcleo atômico é semelhante ao da gôta de água. Consegue-se desintegrar uma gôta, juntando-se-lhe outras menores até que fique sobrecarregada. Obtém-se êsse resultado no núcleo atômico, bombardeando-o com massas que, naturalmente, devem ser menores que êle. Os mais adequados são os nêutrons, porque são elètricamente neutros. Os corpos carregados de eletricidade são desviados de sua rota, ou quando positivamente carregados são repelidos pelos prótons.

Conseguindo-se acertar e fazer explodir o primeiro núcleo, êste lança o seu excesso de nêutrons para a vizinhança. Os "nêutrons livres" penetram os núcleos de átomos vizinhos e os sobrecarregam. É assim que a explosão dos núcleos se propaga como uma "reação em cadeia" (Fig. 20).

Os fenômenos, no mundo dos átomos, processam-se sôbre ínfimas distâncias com a máxima rapidez. Imagine-se que distâncias de um milionésimo de milímetro são percorridas com velocidade de 50.000 km/seg. O relâmpago, relativamente à centelha atômica, é como o crepúsculo relativamente ao raio. Em um segundo verificam-se milhões de reações, isto é, a explosão do 1.º núcleo amplia-se por um milhão de vêzes, na seqüência de 5, 25, 125, 625, 3.125. É claro que não há tantos núcleos. Na fração de um milésimo de segundo a massa tôda explode — tanto faz ser ela do tamanho da cabeça de alfinête como de um globo terrestre. É a explosão atômica!

É esta velocidade que confere à explosão atômica a sua fôrça de desintegração. A explosão dos núcleos atômicos é mil vêzes mais rápida do que a das moléculas de dinamite. Acresce a isso a enorme

quantidade de energia que se liberta, pois na explosão dos núcleos atômicos perdem-se 0,1 % de massa e massa é energia. A massa transforma-se em energia segundo a famosa fórmula de Einstein $E = m \times c^2$. A energia E é a massa *m* multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz *c*. *Um grama de massa fornece*

$$30.000.000.000 \times 30.000.000.000 = 900.000.000.000.000.000.000$$

unidades de energia, sendo cada unidade comparável ao esfôrço de um piscar de ôlho. Isso constitui imensa quantidade de energia e sua obtenção por meio da desintegração de núcleos atômicos, abriu para a humanidade a maior fonte de energia, uma fonte verdadeiramente maravilhosa. A montagem de fornos atômicos não significa apenas triunfo da ciência pura e contribuição brilhante da técnica moderna, pois se tornará provàvelmente uma fase crítica da civilização — se a moral mantiver o que o intelecto promete.

Capítulo VI

A PERTURBAÇÃO DA TRANQÜILIDADE DO ESPAÇO CAUSADA PELOS ÁTOMOS: A RADIAÇÃO

1) Os raios produzidos por saltos electrônicos: luz, raios ultravioleta e de Roentgen

Se adicionarmos energia a um átomo por meio de aquecimento ou frenação, os eléctrons giram mais depressa e ampliam as suas órbitas. Como é da natureza dos eléctrons, êles executam saltos e de acôrdo com belas fórmulas. Êles estendem o raio de sua órbita em quadrados perfeitos: 2×2, 3×3, 4×4, etc. Finalmente, o eléctron abandona o átomo. Um átomo, a que faltam eléctrons, denomina-se "íon" ou "ionizado". Se todos os eléctrons deixaram o átomo, resta apenas o "núcleo despido" (Fig. 14).

Se um átomo possui várias camadas, são os eléctrons das camadas exteriores que, por natureza, "saltam" primeiro; pois quanto mais afastado o eléctron, mais fraca a atração do núcleo, e tanto mais facilidade para o eléctron soltar-se. Dos eléctrons na Fig. 14 os primeiros a saltarem são os da terceira camada para a quarta. Como as camadas exteriores estão mais afastadas uma da outra do que as interiores, aparecem ondas longas em 1.º lugar, ondas estas que os nossos sentidos percebem como vermelho (embaixo). Sòmente depois de maior acréscimo de energia, se soltam os eléctrons da camada 2,

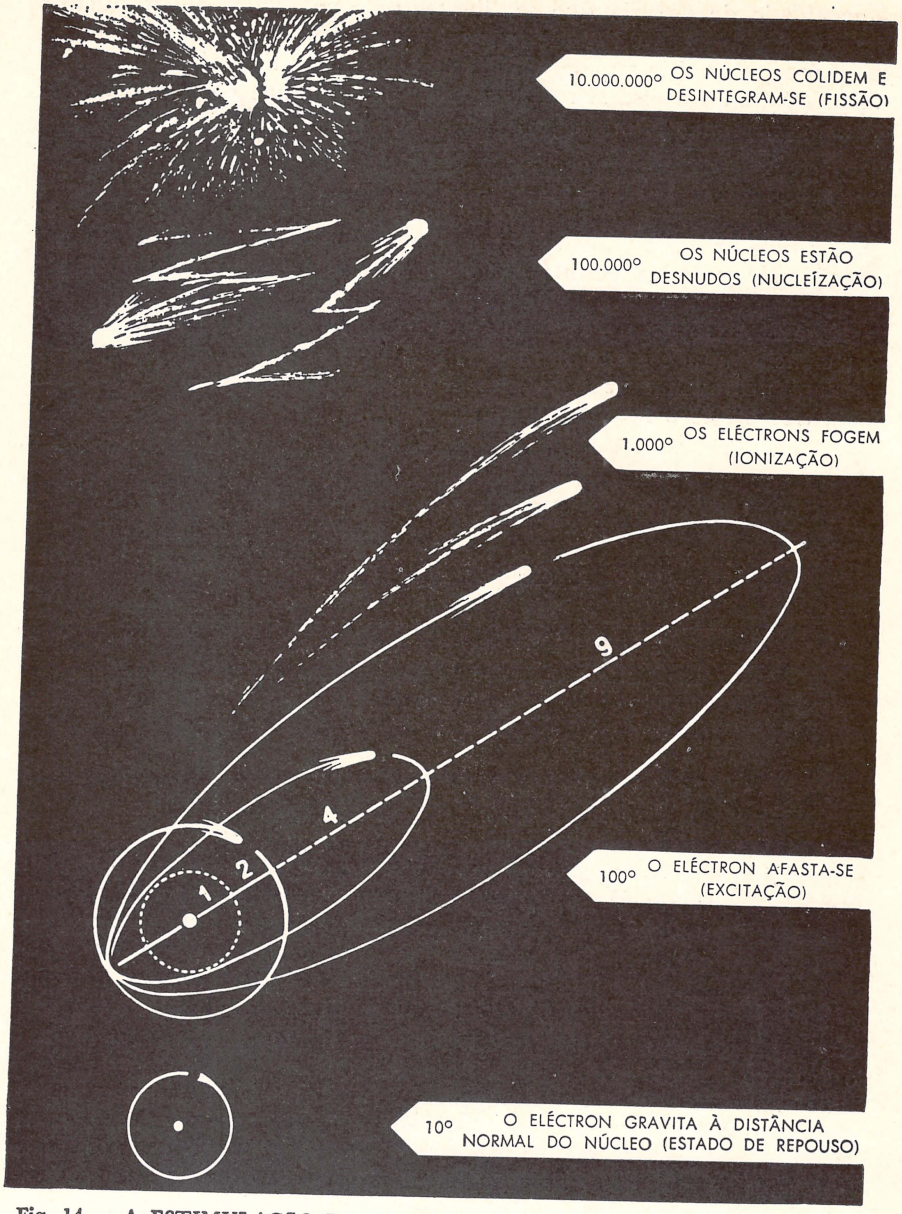


Fig. 14 — A ESTIMULAÇÃO DO ÁTOMO. Pela introdução de energia, como por exemplo calor, o átomo se modifica da maneira que aqui se vê.

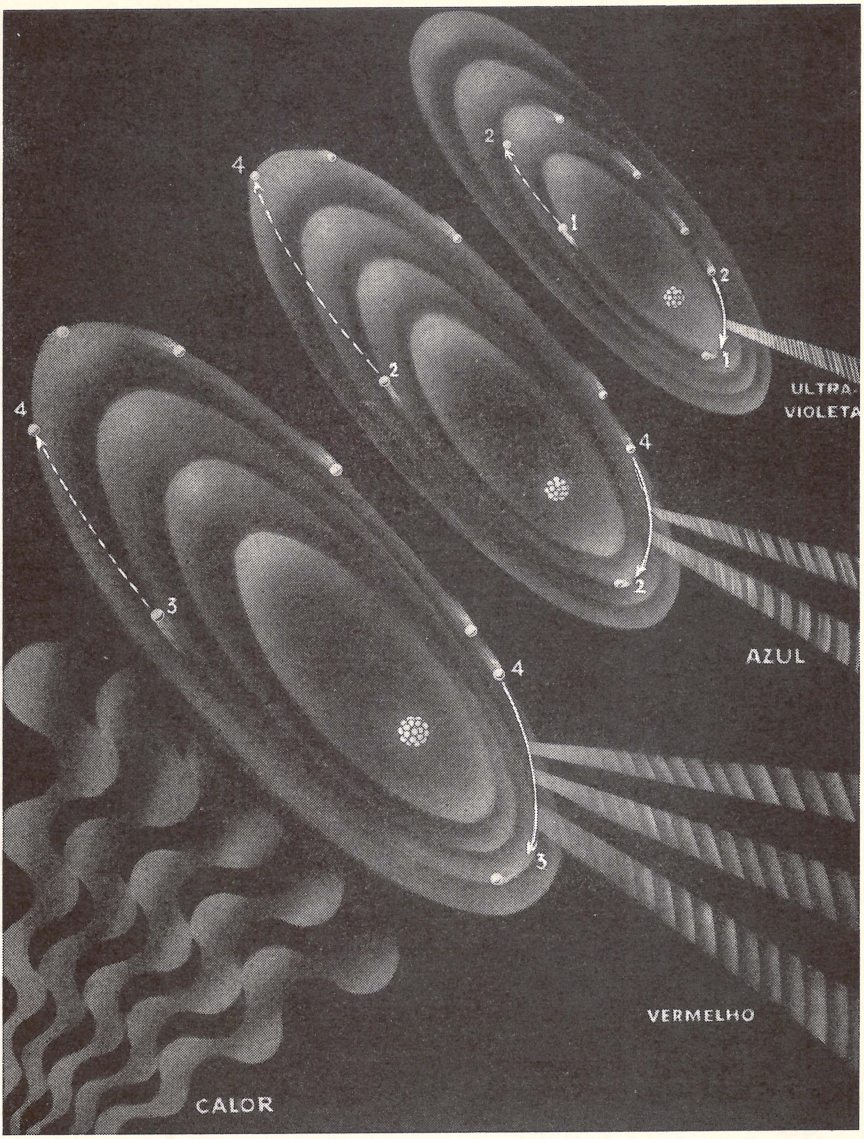


Fig. 15 — OS SALTOS ELECTRÔNICOS COMO CAUSA DAS CÔRES. Após a introdução de calor, os eléctrons dão saltos, começando em grupos pela parte externa, e assim emitem raios de oscilações cada vez mais curtas.

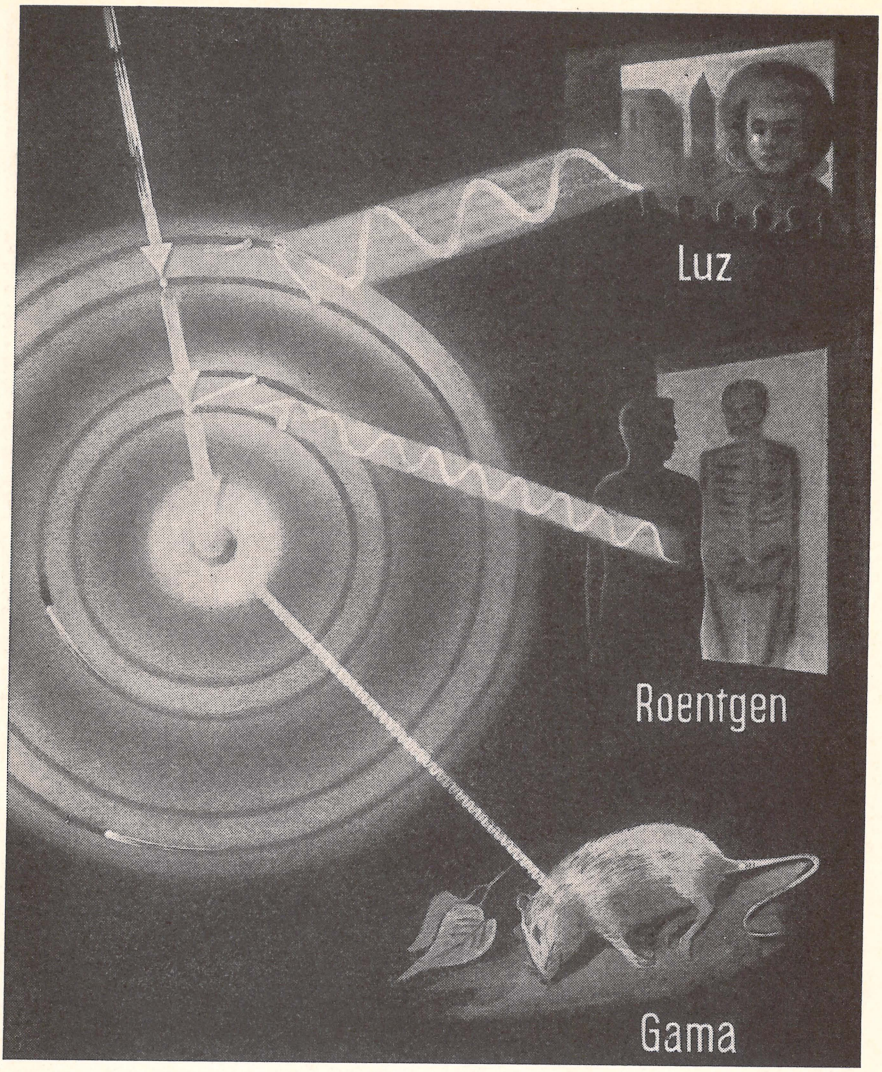


Fig. 16 — AS TRÊS RADIAÇÕES MAIS IMPORTANTES DO ÁTOMO. As camadas externas emitem luz; as internas raios Roentgen; o núcleo envia raios gama.

produzindo-se então ondas mais curtas que nos parecem azuis (meio). Muito mais tarde ainda saltam os eléctrons da 1.ª camada, vizinha ao núcleo, irradiando as curtíssimas ondas ultravioleta (em cima). Conseguindo-se fazer saltar os eléctrons da camada interna dos átomos grandes como os da platina, manifestam-se então oscilações mil vêzes mais curtas, que designamos como raios Roentgen (Fig. 16). Note-se que os saltos dos eléctrons e conseqüente radiação, começam na periferia

do átomo, por conseguinte com ondas longas (calor, vermelho, laranja, amarelo); aproximando-se do núcleo, tornam-se os saltos e os comprimentos de onda mais curtos e mais ricos em energia (raios ultravioleta e Roentgen).

Em virtude dos seus saltos, os eléctrons causam uma perturbação na tranqüilidade do espaço, que se difunde com a velocidade da luz e que denominamos radiação. Como não sabemos o que é espaço, também não sabemos o que é perturbação do mesmo. Não perguntemos muito, contentemo-nos com a definição seguinte: A luz é uma modificação periódica do espaço. Como a perturbação é causada pelos eléctrons que em cada segundo giram em tôrno de seu núcleo 10^{15} vêzes, deve-se estar preparado para chegar a saber que: Cada salto dura 0,000.000.000.000.002 de segundo. Da lâmpada elétrica de nossa mesa de trabalho vêm a nós 500 bilhões de ondas por segundo. A luz é visível, mas não é concebível. Ela nos aclara o mundo, mas ela mesma constitui tenebroso segrêdo. É como Pítia, falando da gruta de vapor. Todos a ouvem, mas ninguém sabe quem ela é.

2) Duas realizações maravilhosas da ciência: a escala dos saltos electrônicos, calculada por Balmer há cem anos atrás e a sua decifração por Niels Bohr

Nos meados do século passado nada se sabia da constituição do átomo e nada acêrca de órbitas e saltos dos eléctrons. Via-se apenas que no espectro de matérias incandescentes surgiam riscas sempre nos mesmos iugares e com precisão matemática. Sabia-se que essas riscas correspondiam a determinadas freqüências oscilatórias da luz (Fig. 17). Os matemáticos são homens que não ficam em paz quando a natureza lhes oferece números. Êles se sentam e começam a fazer cálculos e mais cálculos até descobrirem porque é êste e não outro número que está em certo ponto. Assim o professor de física Johann Jakob Balmer, de Basiléia, que fôra mestre-escola e por sua notável capacidade alcançou posteriormente uma cátedra de magistério, achava-se diante do espectro mais simples, o da água e pensava: aparecem sempre 9 riscas nos mesmos pontos, com os respectivos números de ondas,

$$
\begin{aligned}
a_1 &= 3.082.380.000.000.000 \\
b_1 &= 2.922.560.000.000.000 \\
c_1 &= 2.465.910.000.000.000 \\
a_2 &= 690.650.000.000.000 \\
b_2 &= 616.615.000.000.000 \\
c_2 &= 456.770.000.000.000 \\
a_3 &= 274.070.000.000.000 \\
b_3 &= 233.870.000.000.000 \\
c_3 &= 159.370.000.000.000
\end{aligned}
$$

logo, entre êsses números deve existir uma relação matemática.

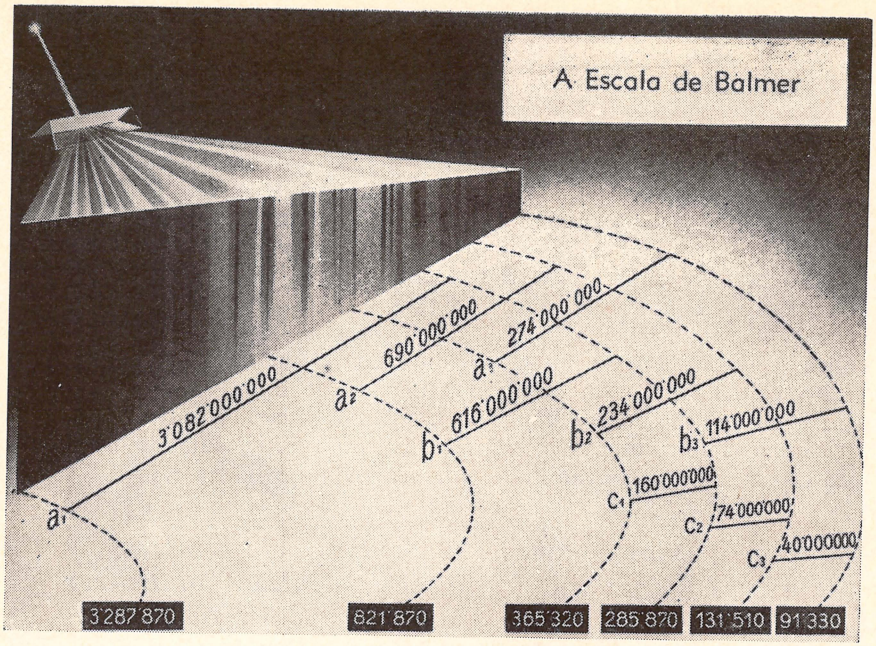


Fig. 17 — A ESCALA DE BALMER. A relação das freqüências oscilatórias das riscas espectrais revelou-se como o sistema das camadas electrônicas. Êsses números, contrários aos encontrados nas obras científicas são arredondados, e em cada um dêles devemos imaginar o acréscimo de 6 zeros. Explicação no texto.

E pôs-se a calcular. Os matemáticos não se confundem com sêres comuns. Êles são feiticeiros. Balmer chegou a um número fictício: 3.287.870.000.000.000. Dividiu-o pelos quadrados dos números naturais: 1^2, 2^2, 3^2, 4^2, 5^2, e 6^2. Obteve assim a série de números:

3.287.870.000.000.000 : 1 = 3.287.870.000.000.000
: 4 = 821.970.000.000.000
: 9 = 365.320.000.000.000
: 16 = 205.490.000.000.000
: 25 = 131.510.000.000.000
: 36 = 91.330.000.000.000

Subtraindo-se êstes números do número fictício principal, obtêm-se as freqüências oscilatórias das riscas espectrais (Fig. 17).

O físico apresentou o resultado sob a forma de um diagrama, cujas riscas, em largura e distâncias, correspondem às relações dêsses números. Assim obteve a escala de Balmer, que na Fig. 17, por motivo que imediatamente descobriremos, tem a forma curva ao contrário das demonstrações usuais. Se saltarmos nesta escala de um degrau ao degrau vizinho, estaremos percorrendo distâncias correspondentes aos números

c do espectro. Se saltarmos em degraus alternados, obteremos os números *b* e se saltarmos por cima de dois degraus por vez, obteremos os números *a*.

Até êsse ponto chegou Balmer. O que significava essa escala nem êle nem os seus contemporâneos adivinhavam. Êle se achava diante dela como alguém que encontrasse um belo cristal, sem conhecer as leis que o geraram. Para nós, a escala de Balmer não é mais mistério. Se dobrarmos a mesma pelos degraus de modo que as suas extremidades se fechem em círculos, obteremos o modêlo do átomo. Os intervalos entre os degraus são as distâncias entre as órbitas electrônicas. As linhas *c* surgem por meio de saltos entre camadas vizinhas. As linhas *b* representam saltos por cima de camadas vizinhas e as linhas *a* são os saltos por cima de duas camadas. Essa idéia genial ocorreu a Niels Bohr na mesma "idade de estudante" em que Newton concebeu suas teorias fundamentais e levou-o a esboçar o seu "Modêlo Atômico". Partindo da massa e da carga do eléctron que salta, êle determinou um valor numérico. Elevou êste número à 4.ª potência, multiplicou esta pelo quadrado de π (relação do raio com a circunferência do círculo), duplicou o produto, dividiu êsse produto pela cifra quântica de Planck e, então, viu-se diante do número ..... 3.287.870.000.000.000!

É para se ficar de bôca aberta como a criança ao assistir às proezas de um acrobata de circo. Não se sabe a quem mais admirar, se ao suíço Balmer que há 100 anos atrás construiu no ar essa escala de números até atingir a altura vertiginosa de 3.287.870.000.000.000 ou ao dinamarquês Niels Bohr que nessa mesma escala realiza saltos de tirar o fôlego e por fim, como um mágico, faz aparecer o número de Balmer 3.287.870.000.000.000.

Se nesta altura o leitor não está possuído do espírito da ciência, não leia adiante.

3) A explosão do núcleo atômico: a radioatividade

Sob as condições terrenas atuais não se podem manter em tranqüilidade no núcleo atômico mais de 80 prótons, aproximadamente. O número dos nêutrons necessários para retê-los sobe muito além dos 80, e no urânio há necessidade de pelo menos 143 nêutrons, a fim de manter os 92 prótons aprisionados. Mas nem êles o conseguem para sempre, pois todos os núcleos com mais de 83 prótons não se conservam estáveis, manifestando a tendência de explodir. Quando entregues a si mesmos, êles não explodirão simultâneamente, mas de acôrdo com as fórmulas da mecânica quântica explode no rádio um núcleo por segundo entre 100.000, de sorte que após 1.700 anos desapareceu a metade. A êsse prazo se denomina "meio-tempo" e ao fenômeno da explosão espontânea dos núcleos atômicos: a radioatividade.

Naturalmente, pergunta-se logo como é possível que ainda se encontre o rádio já que em alguns milênios êle seria completamente gasto. A resposta é simples: É que êle se renova com o urânio, que possui o "meio-tempo" de 4.500 milhões de anos. Como êsse mineral ainda existe em grande quantidade, a idade da Terra não é incalculável. Da relação entre o urânio e os seus produtos de decomposição resulta que a crosta terrestre tem 3.500 milhões de anos. Do urânio primitivo ainda existe mais ou menos a metade.

Os núcleos com menos de 80 prótons são estáveis, mas pode-se perturbar a sua estabilidade, sobrecarregando-se o núcleo de nêutrons. Tais núcleos artificialmente sobrecarregados denominam-se "isótopos radioativos artificiais". Êles constituem um dos produtos mais recentes do mundo artificial criado pelo homem, mundo êste que começou há 10.000 anos com a domesticação dos animais e a cultura das plantas e levou aos 100.000 artigos "sintéticos" de hoje.

Os isótopos radioativos constituem meio valioso para acompanhar as excursões do átomo. Mediante um aparelho simples, que é o contador de Geiger, podem-se reconhecer as explosões ao aparecerem eléctrons livres e determinar desta forma a posição de um átomo. Podem-se controlar os átomos em sua passagem pelo corpo. Podem-se acompanhar átomos do ferro radioativo durante o processo da fabricação do aço e mais tarde segui-los nas peças duma máquina, assim como observar os átomos do fósforo, desde o adubo até o fruto, ou ainda no grão de pólen radioativado em suas migrações na patinha de uma abelha (Fig. 18). Pode-se seguir o átomo conduzido pelos ventos em suas viagens pelas nuvens e gotas de água e em seu caminho pelas ravinas das montanhas. Reflita-se quantas possibilidades se abrem aqui à pesquisa. Investigações que em 1900 teriam sido ridicularizadas, tidas como fantasias, estão atualmente em plena realização. Poder-se-ia escrever um tratado com o título de "Isotopia", relacionando os trabalhos que se fazem em tôdas as partes do mundo e em todos os domínios possíveis da química, da pesquisa botânica, da técnica e da medicina, por meio dos isótopos radioativos. A utopia de ontem é a isotopia de hoje.

4) A radiação gama produzida pela explosão do núcleo atômico

Se o núcleo de um átomo explode os seus componentes voam como os estilhaços de uma granada: são prótons, nêutrons, eléctrons, mesons (Figs. 19 e 20). O abalo do espaço, porém, se propaga como uma oscilação muito curta, correspondente à dimensão do núcleo. Essa oscilação é mais ou menos 10.000 vêzes mais curta do que a da luz e, por conseguinte, oscila 10.000 × 500.000.000.000.000 vêzes por segundo; é a radiação gama (Fig. 16).

A energia da radiação está na razão inversa ao comprimento das ondas. Quanto mais curta uma oscilação, mais alta a sua energia e

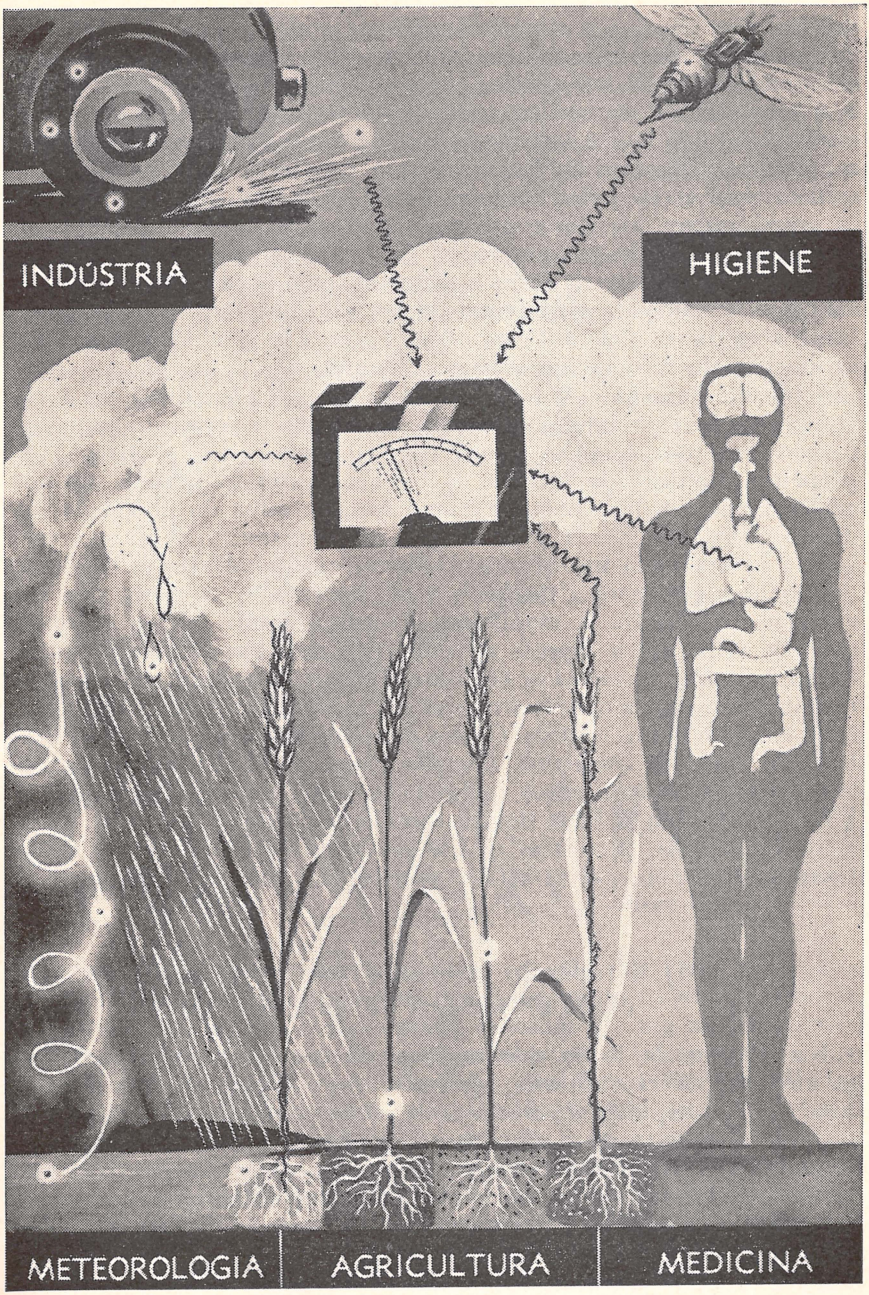


Fig. 18 — OS ISÓTOPOS RADIOATIVOS ARTIFICIAIS podem ser acompanhados com o contador de Geiger (no centro) através do ar, da planta, do corpo humano, etc.

quanto mais alta a sua energia, mais forte o efeito químico e a fôrça de penetração dos raios. As ondas longas da luz vermelha mal têm efeito sôbre chapas fotográficas. As ondas violeta, cujo comprimento é a metade das vermelhas escurecem-nas instantâneamente, e as ultravioleta, que têm a metade do comprimento das violeta, penetram a epiderme. Os raios de Roentgen que são 1.000 vêzes mais curtos oscilam pelo corpo todo. Os raios gama 1.000 vêzes mais curtos que os anteriormente citados traspassam as paredes do laboratório e se propagam pela paisagem em redor. Os ovos dos pássaros nas árvores em frente ao Instituto de Física deperecem como se os tivessem deitado em água fervendo — e na realidade foi o que se fêz. Os raios gama fazem coagular os ovos a 100 m de distância. Êles queimam os tecidos no interior do corpo como flechas candentes.

A fim de abrandar a energia dos raios gama é preciso empregar espêssas camadas de chumbo (chumbo, porque o seu átomo, contendo 82 prótons, é muito grande e dificilmente sujeito a oscilar). Os primeiros capítulos da história da ciência dos raios parecem um romance fantástico, pois naquele tempo nada se sabia do perigo da radiação gama, que não se revelava por nenhum indício e porque, embora a natureza e a história não brilhem pela moral, não se concebia tal perfídia que mata à distância e tardiamente. A Nêmesis, que no decorrer da História se manifestou de tantas formas, desde o fratricídio de Caim até a cápsula de cianídrico dos celerados da História contemporânea, apresenta-se em novo disfarce no cenário macabro da tragédia humana: fantasma invisível da morte pelos raios. "Perigoso" é um conceito muito relativo. O fogo tão perigoso tornou-se lareira, símbolo do confôrto doméstico. Quando chega a inundação, não soam mais os sinos anunciando a calamidade, mas corre-se para as pontes a fim de apreciar a fúria do rio contida por diques. Os raios, reduzidos a 110 volts, percorrem os fios candentes de nossas lâmpadas. O homem de amanhã talvez acione as máquinas com raios gama.

5) A radiação cósmica originada pela vinda de prótons do universo

Nas viagens de balão que realizou no comêço do século, o físico alemão Gockel verificou, admirado que a "ionização" da atmosfera, isto é, a expulsão de eléctrons de seus átomos, não diminui, como seria de esperar, com o afastamento da Terra, mas que em maiores altitudes se verifica um considerável aumento. Êle concluiu corretamente que raios ou partículas vindos do espaço universal penetram na atmosfera, provocando a desintegração dos átomos. É claro que essa idéia, por ser nova e audaciosa, não foi bem recebida pelos seus colegas e Gockel morreu esgotado pela luta homérica que se travou durante anos a propósito de sua teoria da "radiação cósmica". Foi uma grande descoberta nascida entre o ruído das disputas mesquinhas.

Gockel observara certa e claramente que do espaço universal se desprendem para o globo terrestre, 10^{15} partículas em cada segundo. Êste fato é assombroso, mas mais assombrosa ainda é a fôrça com que caem as partículas. Elas desenvolvem a velocidade de 250.000 km/seg e portanto a sua energia supera 2.000 milhões de vêzes a dos raios solares que impulsionam os ventos, as nuvens, os rios e as plantas. Êles destroem os núcleos dos átomos na camada superior de nossa atmosfera de modo que a região fronteira entre a Terra e o espaço universal se torna radioativa. Após 40 anos de laboriosas pesquisas e de extraordinária intuição chegou-se à conclusão atual de que se trata de 80 % de prótons, portanto núcleos do primeiro e mais simples dos átomos, o hidrogênio, e de 20 % de núcleos do elemento que se segue, o hélio. Êles provêm supostamente do Sol e admite-se que sejam carregados de sua energia de intensidade elevada por variações da intensidade do campo da radiação solar. É possível que parte dêles se origine no centro da Via-Láctea, que parece um centro de energia altamente carregado, ou talvez até da explosão de estrêlas.

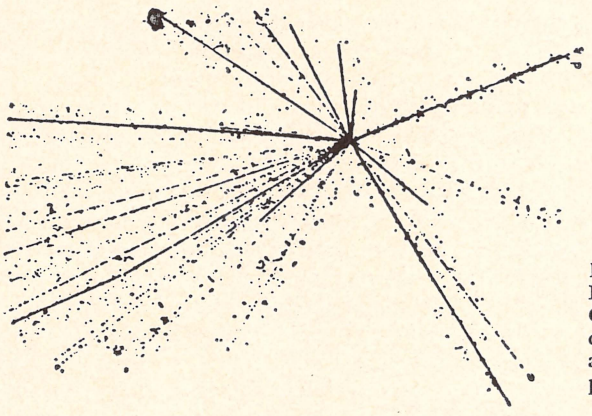


Fig. 19 — FOTOGRAFIA DE UM "RAIO CÓSMICO". Na chapa fotográfica aparece uma "estrêla" após o impacto de um próton P.

Observa-se o destino dos prótons em colisão por meio das chapas fotográficas. Se alguém puser uma dessas chapas no trajeto da radiação, verifica-se que em um e outro ponto se desintegra um núcleo atômico da camada sensível à luz. Se os fragmentos voam justamente na direção da emulsão, vemos então na chapa uma forma de "estrêla" (Fig. 19). Pelas linhas pode-se verificar o pêso dos fragmentos, qual a carga que trazem, a intensidade de sua energia e analisar assim os raios cósmicos. Após o impacto de um próton cósmico em um átomo da atmosfera terrestre, sucede uma reação em cadeia, conforme se vê no esquema da Fig. 20. Do local da explosão do núcleo sai uma série de corpos, entre os quais um eléctron E que se movimenta em grande velocidade, mas que em breve é freado e se transforma numa oscilação Ph cheia de energia, denominada por Einstein de "fóton" porque as oscilações de comprimento de onda muito concentrada se comportam

como corpos. Também êste fóton é freado em pouco tempo, aparecendo em seu lugar um par de eléctrons gêmeos: um de carga negativa, à esquerda (E) e outro positivo que se denomina pósitron (Pos). O pósitron tem de positivo só o nome impróprio: Compara-se a um orifício que faz o peixe n'água quando pula para fora. Um orifício na água desaparece rápidamente, e um orifício no espaço universal mais ràpidamente ainda. Após um trilionésimo de segundo, desaparece o pósitron e em seu lugar aparece novamente uma oscilação, que se movimenta com a velocidade da luz: o fóton (F). Êste também é freado, transforma-se de novo em eléctron, e assim repete-se o jôgo da transformação da matéria em radiação e da radiação em matéria.

Junto aos dois eléctrons aparecem os anteriormente mencionados corpos intermediários ou mesons (Me). São êles que possuem a grande fôrça de penetração que se admira com razão na radiação cósmica. Êles devem essa fôrça de penetração a um fato paradoxal, descoberto pelo italiano Fermi. Há várias espécies de mesons com diversos pesos e cargas. Os "mesons pesados" criam-se por meio, digamos, de um pai e de uma mãe: pai é um corpo positivo da espécie de um próton, a mãe é, pelo contrário, um negativo, um nada, um "orifício no espaço universal". Para êsse orifício se lança o corpo positivo; com isso êle perde parte de sua massa e essa perda se irradia sob a forma de energia. Essa energia é a oscilação mais curta e mais rica em energia que se conhece, isto é, 50.000.000.000.000.000.000 oscilações por segundo! São êstas as oscilações que se designam "raios cósmicos".

Devido à propagação flabeliforme, verifica-se um aumento do número de corpos que aparecem (Fig. 20). Sendo atingido um único núcleo no limite do espaço universal, aparece, em baixo, no solo terrestre depois de 12 gerações uma chuva de eléctrons, mesons e fótons que cobre uma superfície de 100 m². Os mesons são a "radiação dura" que atinge a profundidade das minas subterrâneas. Essa radiação tudo penetra. Enquanto líamos êste capítulo, perto de 10.000 mesons esfuziaram pelo nosso corpo. Mal não nos faz êste bombardeio, pois do contrário não estaríamos aqui. Todo o desenvolvimento da vida, desde o vírus até o homem, realizou-se entre êsse constante fogo rápido dos eléctrons e mesons. Nós somos os primeiros a saber disso. Após a leitura desta frase retenhamos a respiração, fechemos os olhos e experimentemos a sensação: Em cada segundo zunem muitas centenas de mesons através da nossa caixa craniana, e descem pelos pés abaixo em direção ao chão. Se um vizinho mora debaixo de nós, êles também passam por êle. Penetram por tôda parte. Se pudéssemos percebê-los nada veríamos então do mundo a não ser uma chuva de mesons e eléctrons.

6) A dupla natureza da luz: onda e fóton

Através de todo o século XVIII, travou-se a famosa discussão a respeito da teoria de Huygens que dizia: "A luz é um movimento ondulatório do éter" e a de Newton que afirmava: "Trata-se de um vôo

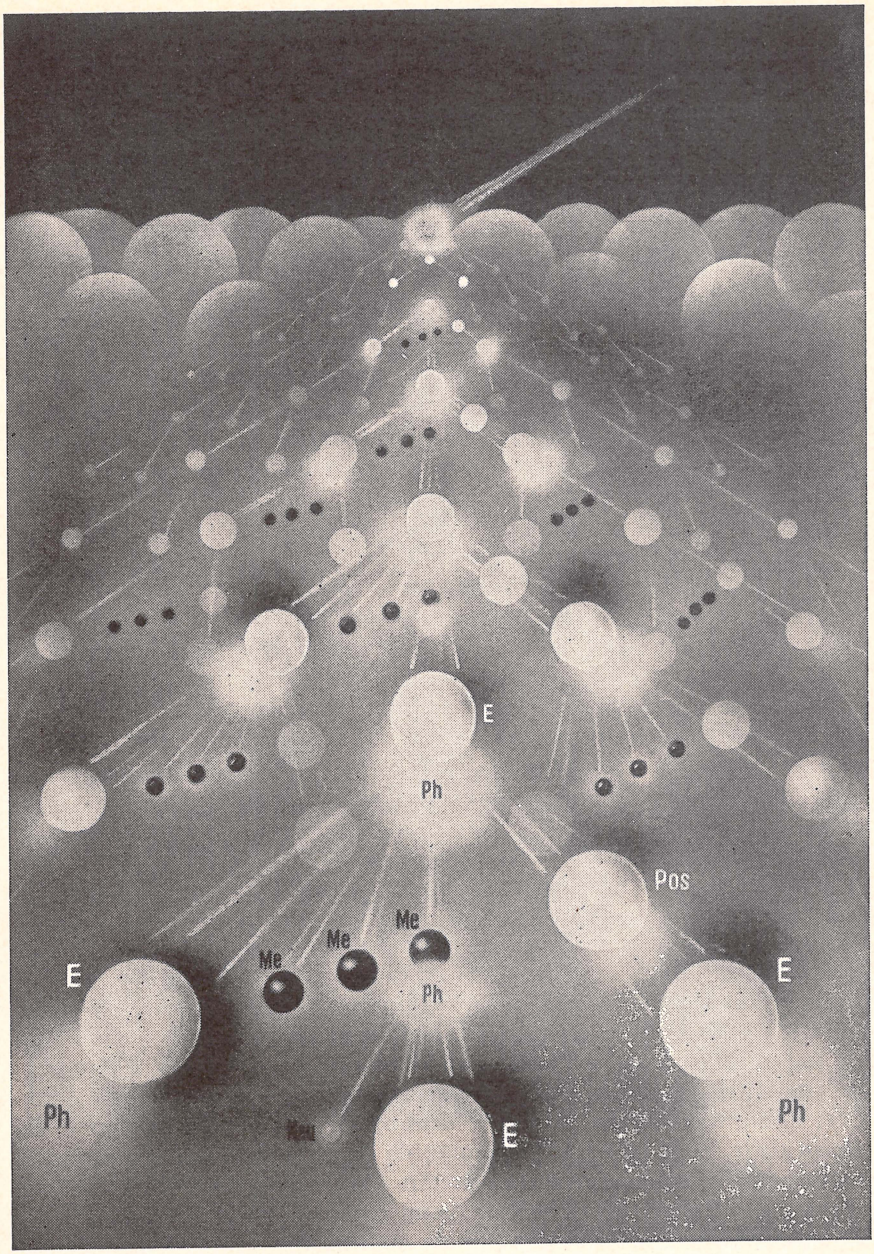


Fig. 20 — A RADIAÇÃO CÓSMICA. Um próton do universo (em cima), pela desintegração de um núcleo atômico, causa uma catadupa de estilhaços nucleares que se espalham pela atmosfera como radiação cósmica. E = eléctron, Ph = fóton, Me = meson, Pos = pósitron, Neu = nêutron.

de partículas de luz" (Fig. 21). No século XIX a solução do debate parecia tender a favor da teoria ondulatória através de uma série de provas convincentes, sobretudo a da interferência. Se dois círculos de onda se cruzam, as ondas se reforçam no ponto em que os movimentos se somam e se enfraquecem onde êles são contrários. Em certos pontos êles se anulam e tudo pára — é a treva. Luz mais luz é igual a escuridão, isto só é possível em sistemas ondulatórios. Desde cêrca de 1880, porém, conheceram-se os fatos que contradiziam a teoria ondulatória.

O primeiro foi o efeito fotoelétrico. Se feixes de luz se chocam na superfície de metal leve, a radiação faz desprenderem-se dos átomos elétrons isolados sob a forma de uma corrente, que é a fotoeletricidade. Mas não abandonam o metal do modo como deviam, desde que são impulsionados por "ondas", isto é, primeiro vagarosa e depois ràpidamente, mas sim ou êles se movimentam ou não se movimentam. Caso os elétrons se ponham em movimento fazem-no imediatamente em plena velocidade, como bolas de bilhar depois de uma tacada.

Em segundo lugar, se pusermos atrás de uma fenda que difunda luz 2 tubos contadores, que possam registrar a chegada de ondas de luz, supõe-se que êstes dariam sinal ao mesmo tempo se pelo campo de difusão passassem ondas. Mas é o que êles não fazem. Êles registram de modo independente como os alvos num campo de tiro.

O golpe decisivo, porém, foi desferido à teoria ondulatória, quando Planck descobriu o quantum. Expondo-se um corpo à radiação, êle não a recebe uniformemente, conforme o quer a teoria ondulatória, mas em "levas"; se devolve a radiação sob a forma de luz ou calor, ela não retorna em "corrente" uniforme, mas também em "levas", em feixes de energia. Êstes constituem sempre o múltiplo de uma unidade que Planck denominou o quantum elementar h, e calculou do seguinte modo:

$$h = 6{,}55 \times 10^{-23} \text{ erg.}$$

Da grandeza infinitesimal do quantum elementar tampouco se pode fazer idéia quanto da carga elétrica de um elétron, ou do tamanho de um núcleo atômico. Quem poderá imaginar 10^{23} ou a 10^{23} parte de um piscar de ôlho? Admita-se simplesmente como uma realidade que, existe também ao lado do elétron, da unidade de matéria e da eletricidade, uma unidade elementar da energia de mais ou menos a mesma ordem ou categoria. O elétron é o "átomo da eletricidade"; o quantum o "átomo da energia". Assim como a eletricidade se compõe de elétrons, a energia se compõe de quanta. As grandezas invariáveis da natureza denominam-se constantes da natureza e simbolizam-se por letras: c = velocidade da luz, e = carga eletrônica, h = quantum.

A descoberta de Planck foi compreendida em primeiro lugar por Einstein. Com a sua faculdade de perscrutar um problema até a sua

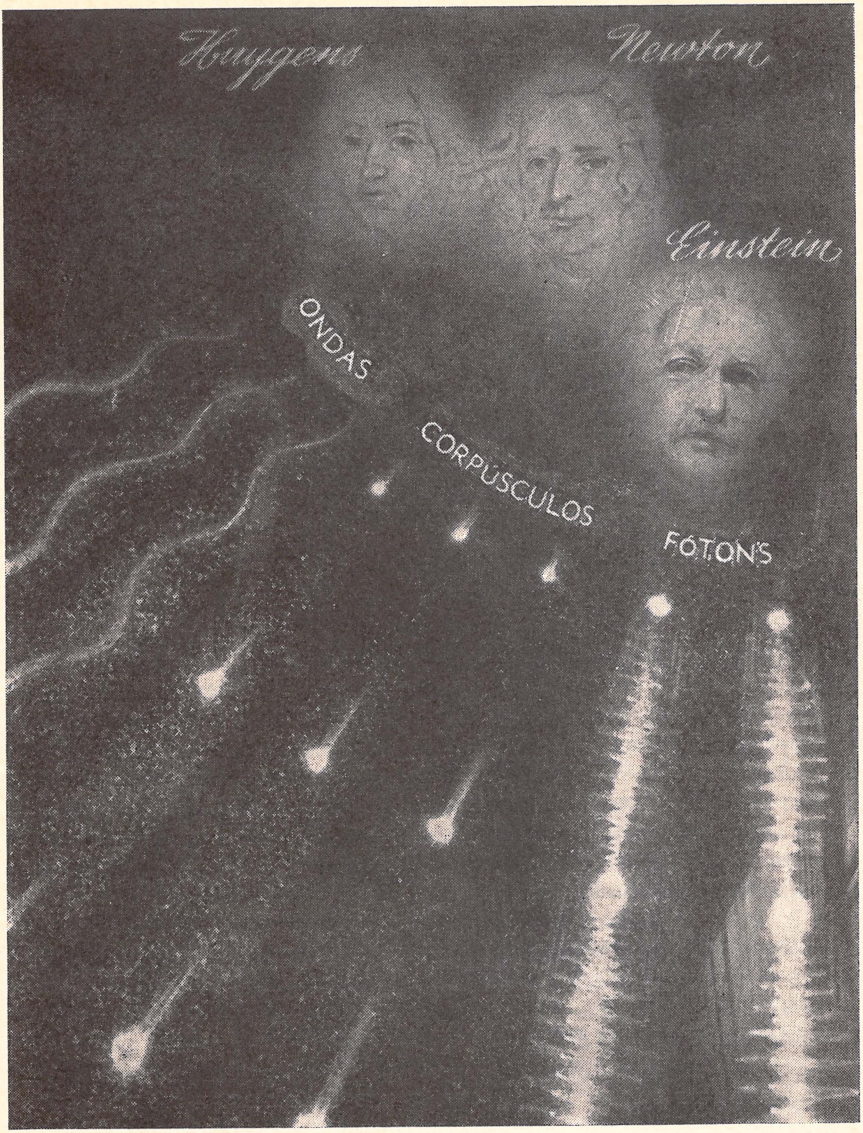


Fig. 21 — AS TRÊS TEORIAS DA LUZ ESTABELECIDAS ATÉ AQUI.

derradeira conseqüência, que só Newton teria igualado, êle percebeu logo que neste ponto fôra surpreendida a unidade elementar da energia e que a radiação não era sòmente mensurável em quanta, conforme acreditava Planck, como também se compunha de quanta. Daí então estabeleceu a teoria da natureza quântica ou dos fótons da luz. Com isso a teoria ondulatória de Huygens, que no século 19 "vencera decisivamente", voltou novamente à defensiva. A teoria não foi condenada como "falsa", pois ela não é "falsa"; para nós, os homens de 1950, a luz possui natureza dupla e é, como a matéria em geral, corpo e onda ao mesmo tempo. Em corpos imóveis a propriedade ondulatória não se manifesta. Quanto mais ràpidamente um corpo se movimenta, mais nítido ressalta o seu característico ondulatório. O eléctron no átomo de qualquer modo é sòmente uma onda. O contrário disso se dá com a luz. Ondulações fracas, à semelhança daquelas que os nossos olhos percebem como luz, mostram franco característico ondulatório, podendo-se considerar todos os fenômenos de radiação até ao violeta do espectro (sem praticar êrro mensurável) como puros fenômenos ondulatórios. Do outro lado do violeta, porém, com o encurtamento das ondas e com a concentração da energia, o característico substancial das ondulações começa a salientar-se cada vez mais, tornando-se então necessário trabalhar com o conceito de quantum. É o mesmo problema da atração e da eletricidade. No mundo dos corpos distanciados por grandes extensões métricas ou mesmo anos-luz, podem-se desprezar os efeitos elétricos e trabalhar exclusivamente com o conceito de gravitação. No círculo estreito do átomo, ao contrário, os efeitos elétricos são tão fortes e a gravitação tão fraca, que se pode desprezar esta e dizer: o átomo é uma formação elétrica. Não é uma questão de certo ou errado, mas simplesmente de atitude. Um bacteriologista do Departamento de Saúde aproxima-se do rio e vê um pescador que com a sua rêde retira peixes da água. Êste interessa-se pelos peixes e trabalha com uma rêde grosseira. O bacteriologista, porém, toma uma pipeta e aspira umas gôtas da superfície do mar. A êle não interessam os peixes. Qual dos dois tem razão? É *a mesma* água em que pescam e *é o mesmo* o mundo, embora um busque bactérias e o outro peixes.

Naturalmente que o problema da luz não se simplificou com o novo conhecimento. Estamos, pelo contrário, diante daquilo que mais teme o naturalista: o dualismo. E assim a natureza dupla da luz desencadeou fortes discussões. Em certo congresso um físico exclamou: "Procuramo-nos explicar recìprocamente algo que nós mesmos não entendemos". Um outro sarcàsticamente exclamou: "A física? É difícil demais para os físicos!" Esta afirmação se conservará certamente verdadeira para todos os tempos.

7) *A nova imagem do mundo estabelecida pela teoria dos quanta*

Conforme se verificou em diferentes pontos da demonstração, há um limite no cálculo e na observação das dimensões mínimas. Se se quisesse "ver" eléctrons, seria preciso obedecer à regra de que um objeto — quanto menor fôr, mais se deve iluminá-lo para ser observado. O elóctron necessitaria da luz mais intensa, portanto, de fótons ricos de energia. Êstes, porém, possuem tal impulso que, primeiro êles deslocam o eléctron de sua posição e, depois, o destroem. "Fixando-se" o leve eléctron com os pesados prótons, pratica-se o oposto daquilo que se deseja obter com a fixação, isto é, êle é desviado a ponto de não se poder mais determinar exatamente a sua posição. Fazer incidir fótons sôbre eléctrons seria o mesmo que atirar bolas de bilhar sôbre uma taça de cristal para que se determine sua posição "exata".

Dêsse modo evidencia-se no eléctron e no fóton o que até então não se notara: o homem interfere na sucessão dos acontecimentos de acôrdo com a maneira de êle arquitetar a experiência. Todo resultado se predetermina pelo modo de realizar-se a experiência, e em cada um dêles existe uma "cota" especìficamente humana. No mundo dos corpos grandes, em que nos movimentamos até agora, a intervenção do homem na sucessão dos acontecimentos não se faz sentir. Aquela fração de segundo do ano, em que a posição da Lua se modifica durante uma observação, pode ser desprezada. De um eléctron que circula em tôrno do núcleo atômico com a velocidade de 50.000 km/seg numa órbita de 0,000.000.000.4 mm de diâmetro 10^{15} vêzes por segundo, não se pode dizer em que ponto da órbita êle se encontra. O limite de erros sobe a um valor inadmissível para o mundo dessas dimensões. Só é possível determinar *um* dêsses fatôres com exatidão, seja a velocidade ou a posição em que êle se encontra. Assim também não é possível interpretar a luz como onda e corpúsculo ao mesmo tempo, mas devemos nos decidir por uma dessas duas.

Designa-se a impossibilidade de realizar determinações exatas no mundo das dimensões infinitesimais e das velocidades máximas dos acontecimentos com os meios da ciência atual, como princípio da indeterminação. A essa indeterminação em relação ao espaço e ao tempo acresce uma outra: a incapacidade de se observar no conjunto inumerável de eléctrons, mesons, fótons o destino da partícula individual que não se submete ao princípio da causalidade. Com o aumento fantástico do número, das velocidades e a brevidade dos acontecimentos — trilionésimo de segundo — os objetos perdem sua "apreensibilidade".

O primeiro modêlo atômico que o gênio jovem de Niels Bohr esboçou era imaginável. Tratava-se de um sistema solar. Êsse modêlo volatilizou-se. De um sistema solar e planetário resultou uma "nuvem carregada", as camadas electrônicas sublimaram-se num "halo", os eléctrons formaram "nodos" em ondas oscilantes. Os nodos não possuem mais individualidade. Não se pode numerá-los como o fazemos nas ilustra-

ções, dizendo: Eléctron 1 saltou de *a* para *b*. Podemos apenas dizer: No lugar de um nodo em *a* está agora um igual em *b*. Mesmo os fótons da luz, a respeito dos quais Einstein certa vez disse: "Imaginem-se lentilhas sôbre um fio que oscile", elas não trazem números. Não se pode predizer: Sob as condições de *a* e *b* aparecerá um fóton em *c;* só dizemos: virá um fóton que não surgirá em lugar qualquer, a não ser em *c, d,* ou *e;* não se pode, porém, determinar em qual dos três pontos se colocará. Isso não é uma negação da causalidade, conforme os inimigos da ciência exclamaram triunfalmente. O físico clássico ocupa-se de *um* só objeto. Pense-se na coroa do rei, com a qual Arquimedes descobriu o pêso específico, na bola que Galileu deixou cair da tôrre inclinada de Pisa; na maçã que levou Newton ao conceito de "centro de gravidade"; nos hemisférios de Magdeburgo ou no pêndulo que Foucault fêz oscilar no Panteão em Paris. O físico de hoje não observa *certa* massa, mas massas. Pode-se dizer dos átomos, de uma esfera de gás como se comportam na sua totalidade, mas não como se comportará cada um, separadamente. O conjunto dos átomos tende para o centro, obedecendo à lei de gravitação. Mas na periferia, onde a atração e a fôrça centrífuga se equilibram, átomos isolados se afastam em contradição com a lei da atração. É impossível predizer qual dêles se desprenderá ou não. Quando 100 milhões de moléculas formam um cristal, predizem-se exatamente as distâncias e os ângulos em que os átomos se agrupam. Mas não se pode antecipar em que lugar se colocará um átomo avulso. O físico atômico tem a sensação do homem que contempla uma nevada. Ninguém é insensato até o ponto de querer indicar exatamente o local em que o floco n.º 61.784.644.839 tocará o chão. Ninguém saberá fazê-lo, *nem mesmo a natureza.* Ela concede aos seus filhos certa liberdade. A física do velho tempo era biografia, a biografia de globos, cometas, raios de luz. A física moderna é estatística, estatística dos eléctrons, dos fótons, neutrinos — como êsses nomes já soam imponderáveis! O matemático da sociedade de seguros sabe que não pode calcular em que data o possuidor da apólice n.º 167.485 morrerá. Ninguém poderá sabê-lo. Mas êle pode introduzir a proposta do segurado como uma grandeza nos cálculos dos riscos da emprêsa, determinando, assim, com tanta exatidão a média da idade em que o falecimento deve ocorrer que os diretores da sociedade dormem mais sossegados do que os segurados. Se êsse indivíduo vive menos tempo do que esperado, um outro viverá mais. Estamos no século das massas e a ciência não pôde evidentemente furtar-se a essa tendência. A física transformou-se na teoria dos quanta, a mecânica em dinâmica, a estática em estatística. A ciência não sofre de "crise", pois é da sua essência passar por crises. Ser crítico é o característico do cientista, cuja crença consiste em nada crer, estando sempre disposto, como Abraão, a destruir os ídolos, a fim de adorar um único Deus — aquêle de quem não há imagem, porque permanece para sempre incognoscível, o *misticum eternum,* denominado Natureza por nós, homens modernos.

Segunda Parte

O FIRMAMENTO

This scandal to human thought.
Que escândalo para o pensamento humano!

(Barnes)

Capítulo VII

OS MÉTODOS DE TRABALHO DA ASTRONOMIA MODERNA

1) Microcosmo e macrocosmo

Tomamos uma agulha que espetamos no dedo, extraindo uma gôta de sangue. Esfregamos a gôta na lâmina examinando-a ao microscópio aumentada 200 vêzes. Vemos então discos brilhantes como sóis, que são os sóis do microcosmo humano: as células. Começamos a contar, mas não vamos longe. São muitas para serem contadas. Avaliamos, portanto. A gôta deve conter perto de 5 milhões de discos. Ora, desde que o corpo humano contém 5 litros de sangue, êle tem ..... 25.000.000.000.000 de células sanguíneas. O que representam 25 bilhões. Se do dedo espetado pingasse uma célula por segundo, levaria 800.000 anos para esvair o corpo todo. Ora, 800.000 anos são um período extenso. Se a experiência tivesse começado com uma pessoa contemporânea do Sermão da Montanha, ela ainda não teria perdido até hoje sequer a quantidade de um doador de sangue. Se fizéssemos um colar com o número dessas células, daria para fazer 4 vêzes a volta ao mundo.

Aumentamos a potência do microscópio para 1.000 e colorimos uma das células. Vemos então que nela há uma armação em forma de rêde dentro da qual pende um grânulo de estrutura complicada, e à volta dêle outros mais delicados. Com o aumento para 5.000, os cordéis da rêde se revelam como fios de pérolas e a 100.000 aparecem nas pérolas desenhos como cristais de neve, os grupos das moléculas. Em cada molécula pairam 1.000 átomos e, em cada átomo, eléctrons giram vertiginosamente em tôrno do núcleo atômico. Se vivêssemos em um dêsses eléctrons residiríamos num mundo que seria tão rico em "corpos celestes" e de área tão extensa quanto, para nós homens, o mundo estelar. Os eléctrons apareceriam como planêtas, e de um átomo para outro haveria espaços celestes tão imensos quanto os que existem entre as estrêlas. Veríamos as moléculas como constelações e a célula sanguínea em que nos encontrássemos nos pareceria um sistema do mundo solar em forma de lentilha: nós a denominaríamos a Via-Láctea — isto é um microcosmo.

Despertemos dos sonhos microcósmicos para nos dirigirmos ao cais. Vemos gente que entra num belo navio branco para uma viagem à volta do mundo. Para que ficarmos parados com inveja? Subimos a

escadinha da nave e iniciamos a viagem. Viagem à volta da Terra. Vemos Gibraltar e Suez, Bombaim e Bali, paramos em Cantão, depois em Honolulu, passando por Cuba, e regressando enfim ao ponto de partida. Se repetirmos esta viagem 7 vêzes teremos medido a extensão que percorre a oscilação da luz em um segundo. Chama-se essa extensão segundo-luz. Êle corresponde mais ou menos à distância entre nós e a Lua. O vapor, construído para as dimensões terrestres, é muito lento para as viagens aos corpos celestes. Embarcamos num avião a jacto e voamos com a rapidez do som, a 1.000 km por hora. Nessa velocidade alcança-se a Lua em 3 semanas. Para se chegar ao Sol, voa-se 20 anos e se partirmos jovens, sairemos da cabina com 40 anos de idade.

Renunciamos, pois, ao nosso plano de percorrer o sistema solar num avião a jacto. A duração da vida humana mal seria suficiente para trazer notícias do Sol. Seriam necessários séculos para ir a Netuno e voltar. Não fazemos caso dos limites da relatividade, construindo um veículo do qual esperamos que constitua transporte adequado para percorrer o universo, isto é, um foguete de éter, que se movimenta com a velocidade das ondas de luz — 300.000 km/seg! Em 8 minutos estaríamos no Sol, numa hora em Júpiter, em duas em Saturno e depois de oito passaríamos, como numa viagem marítima, pelo barco-farol, pelo planêta mais afastado, Plutão, antes da saída para o "mar universal" — rumo às estrêlas!

Nosso navio interplanetário é confortável. Vive-se como num vapor em alto mar. Deitamo-nos e, na manhã seguinte, olhamos pela janela. É noite negra. O Sol reduziu-se, atrás de nós a uma estrêla clara, não há mais "manhã". Olhamos para a próxima estrêla que agora se tornará o nosso Sol: Alfa do Centauro. Ali está ela, bem diante da proa. Uma estrêla como outras. Estamos voando enfim? Sim, em cada segundo fazemos 300.000 km.

Acomodamo-nos como em casa. Arrumamos nossos livros. Pegamos a máquina de escrever e começamos um relatório sôbre o sistema planetario. Em ritmo acostumado, ficamos cansados, e com fome, comemos, dormimos, acordamos de novo e olhamos pela janela. A Alfa do Centauro não se tornou mais clara. Ficamos consternados. "Quanto ainda demorará para chegarmos à próxima estrêla?" "À Próxima? Quatro anos e meio". "Quatro e meio? Em cada segundo..... 300.000 km — e é a isso que se chama próxima?" "A próxima?" "E quando chegaremos a Sírius?" "Em 8 anos e meio". "Ao Aldebarã?" "Em 60". Não é concebível, 60 anos?! Em cada segundo 300.000 km. Mas Rigel é estrêla muito mais clara e deverá estar mais próxima de nós. "Quando estaremos em Rigel?" "*Você* não chegará lá. — Nós é que lá aportaremos em 600 anos", e olhando-nos o nosso interlocutor com expressão estranha, verificamos que não se trata de um homem; êsse navio em que viajamos não é uma construção humana. Estamos sonhando. Não é um navio interplanetário, mas sim um navio de sonho. Atingir as estrêlas é uma utopia irrealizável para sempre. Para se ir de uma a outra são necessárias dezenas de anos-luz e deze-

nas de milhares de anos-luz para se atravessar a espiral de estrêlas em que o Sol se movimenta. Só além dela é que começa o "Universo". Neste, a nossa Via-Láctea é uma "ilha de corais". A próxima ilha, nesse oceano frio do espaço, está numa distância de 700.000 anos-luz. Essa é a distância média de uma a outra das ilhas no oceano espacial. As palavras tornam-se inúteis para descrever o que o cérebro humano não consegue imaginar nem o coração sentir. Podem-se ver estrêlas, contá-las, medi-las, escrever sôbre elas, mas compreendê-las não, como também não compreendemos a molécula, o átomo ou menos ainda um eléctron. Erguemo-nos do microcosmo dos átomos sem esperança e é sem ela que subimos para o macrocosmo das constelações.

2) Telescópio e foto: olhos com lentes de 5 metros de diâmetro e retina incansável

As dimensões do universo afirmadas pela ciência afrontam todos os nossos conceitos do homem e da dignidade humana. Não podemos nos restabelecer dêsse nocaute intelectual e estamos vencidos para sempre. Compreendemos porque em 1600 os homens se opunham com tôda fôrça à "nova teoria". Era tão clara e "natural" a imagem do mundo: a Terra um jardim plantado por Deus, oferecido ao homem para residência. O Sol colocado no céu para lhe iluminar os dias e a Lua para embelezar-lhe as noites. O animal na floresta ao seu dispor e as plantas para que se alimentasse de frutas e pão. E eis que apareceram os calculadores declarando que êsse mundo tão belo, vasto, maravilhoso e evidentemente dirigido com bondade e sabedoria nada mais era do que um grãozinho no espaço escuro, cuja existência ninguém notava, cujo desaparecimento por ninguém seria percebido, e a cultura, conforme Schopenhauer disse 200 anos depois, "Um bolor na casca de uma maçã em vias de apodrecimento". É bem compreensível a revolta. Mas a verdade é como um leão. Uma vez que nasce, ela permite que a escondam durante certo tempo, mas depois explode e urra aos ouvidos do mundo atônito.

Como tôdas as revoluções científicas, também esta começou sôbre o papel. Em 1550, Copérnico verificou que a teoria de Ptolomeu de que o Sol e os planêtas giravam em tôrno da Terra apresentava certas fraquezas, chegando à conclusão de que não era o Sol que girava em tôrno da Terra, mas esta em tôrno daquele. A princípio guardou prudentemente em segrêdo essa teoria verdadeiramente "de revolutione orbium". Foi sòmente quando a morte lhe bateu à porta e êle nada mais tinha a temer que mandou imprimir o seu trabalho e, com efeito, poucos dias depois de publicado, deixou êste mundo, como um homem que põe fogo a uma casa e foge em seguida. Mas Copérnico não havia pôsto fogo em uma casa e sim no mundo. O Santo Padre foi chamado para apagar as chamas e, numa bula, decretou que a

Terra ficaria como centro do universo. Com isto o "caso Copérnico", estava por ora resolvido.

Algumas décadas depois, porém, foi inventado o telescópio. Galileu foi o primeiro mortal que contemplou aumentado 30 vêzes, aquilo que os homens denominavam "estrêlas". E viu que Copérnico tinha razão: Os planêtas eram globos como a Terra, rodeados de luas como ela. A lua era um mundo esférico, tal como o nosso, com planícies, montanhas e crateras. Os globos giravam, movimentavam-se em tôrno do Sol, e assim êle pôde responder inteiramente convencido aos que o condenaram a retratar-se: "E entretanto ela se move!"

E de novo, algumas décadas mais tarde, Newton criou o telescópio de espelhos (veja abaixo) e após a morte de Newton, Herschel, que chegara de Hanôver à Inglaterra como um pobre professor de música, construiu os seus telescópios gigantes, com os quais esperava observar as estrêlas fixas como "sóis". Mas que desilusão! Elas permaneciam pequenas como pontos. Se fôssem sóis estariam longe, muito longe e assim surgiu a concepção da grandeza do espaço universal na consciência do homem.

Herschel não viu os sóis, mas observou que havia muito mais estrêlas do que se poderia até agora imaginar, e que a faixa leitosa da Via-Láctea consistia numa infinidade de estrêlas. Êle foi o primeiro a reconhecer que o Sol se movia como uma "estrêla entre estrêlas", no meio de uma "ilha universal" e esboçou o primeiro modêlo da "Via-Láctea". Os instrumentos de Herschel pertencem às maravilhas do mundo do século XVIII, e só foram realmente superados, em nossos dias, pelos grandes telescópios de espelhos, erguidos pelos americanos nas montanhas da Califórnia, e com os quais foram os primeiros a observar além desta nossa ilha, o verdadeiro "espaço universal".

O maior telescópio atual do mundo é o Espelho de Palomar, erguido no monte do mesmo nome na Califórnia, que se tornou conhecido também como Instrumento de Hale, seu criador (Fig. 22). O astrônomo que tem a sorte de observar o espaço universal com êsse ôlho maior da Terra sobe a uma tôrre de seis andares pelo elevador, cola-se à abertura do instrumento como uma aranha ao teto, uma aranha que em vez de pegar môscas, apanha mundos. Por meio do telefone êle dirige os assistentes e engenheiros que manejam os motores de manobra e aparelhos do instrumento. Com êsse telescópio gigante já não se olha (e êste é o progresso decisivo), mas fotografa-se. Ao contrário da retina humana, o filme não se cansa. Durante longas horas os débeis fótons martelam contra os grãos de prata do filme, um após outro no mesmo ponto, e como os finos golpes do ourives êles amolgam cavidades, cavidades químicas, naturalmente, sôbre a camada sensível à luz. Nenhum homem, nem mesmo o astrônomo que está na cabina do aparelho consegue ver aquilo que êle pesca nas profundezas do espaço por meio da captura da luz.

Há um limite para o tamanho das lentes, por motivos ópticos, que é mais ou menos de 1 metro de diâmetro. Bernhard Schmidt, filho

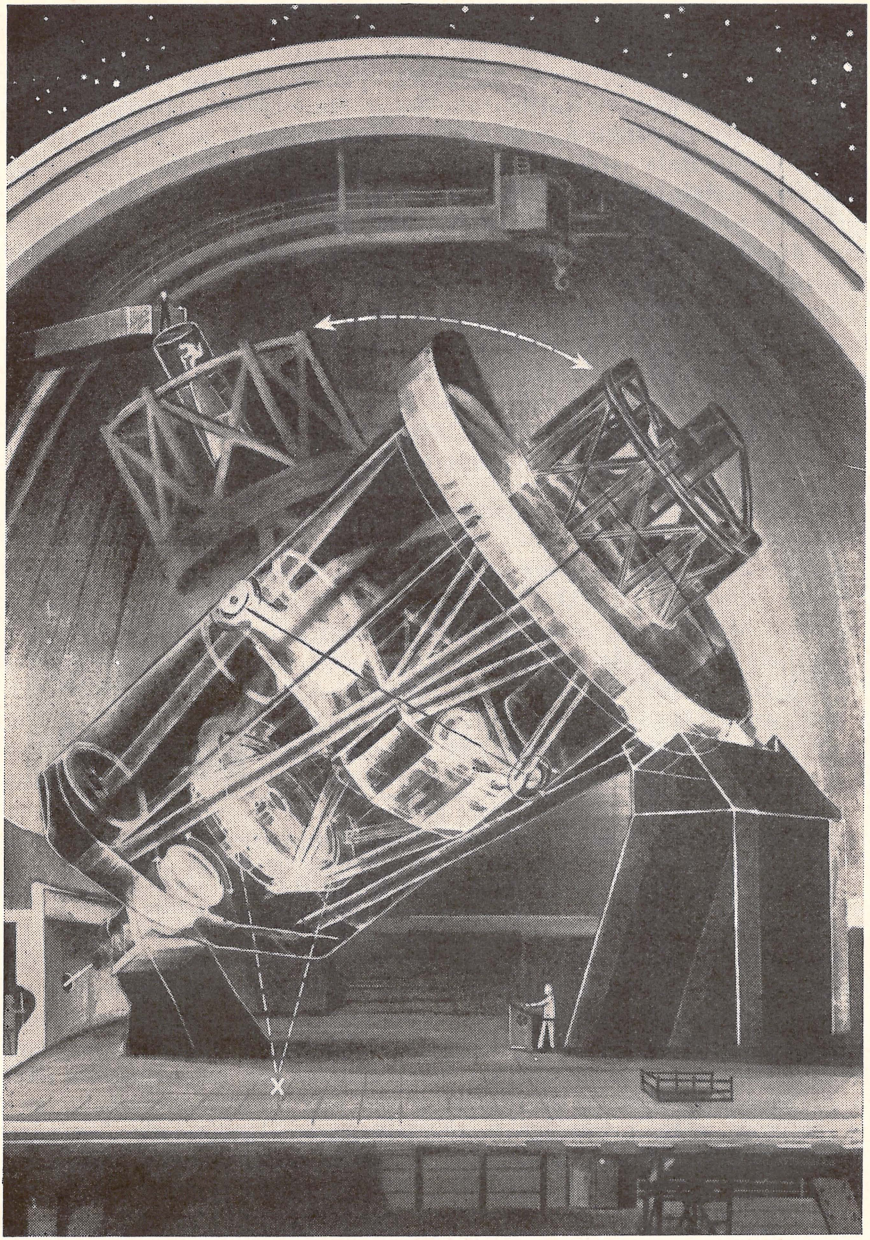


Fig. 22 — O NOVO TELESCÓPIO. O telescópio de espelhos de Monte Palomar (Califórnia) com um espelho de 5 m de diâmetro — observe a altura do homem — dá idéia das dimensões dos modernos instrumentos. Êle tem alcance de uns 1.000 milhões de anos-luz! (Com o emprêgo de modelos americanos.)

de pai alemão e mãe sueca, nascido numa ilha da costa estoniana, fôra desde criança um temperamento singular. Ocupava-se com as coisas mais estranhas. Assim, certa vez, quando menino, ao fazer experiências com pólvora, perdeu um braço. Mais tarde ocupou-se, como Newton, com os problemas de óptica e como êste pôs em prática uma idéia, já discutida na literatura, graças a seus grandes dotes e extraordinária habilidade e perseverança. Assim como Newton construiu o primeiro telescópio catóptrico, construiu êle contra tôdas as resistências dos ópticos contemporâneos, a primeira máquina fotográfica de espelho refletor, a qual, em vez de ter à frente uma lente, tem atrás, e no mesmo lugar em que na nossa máquina fica o filme, um espelho côncavo (Fig. 23, *3*). Êsse espelho projeta a imagem captada para o centro da câmara, onde está suspenso no espaço livre um filme enrolado (4). Os espelhos também não fornecem imagens idealmente nítidas. A fim de corrigir êsse êrro, Schmidt calculou uma chapa corretiva que pretendeu montar como lente de aproximação (2). Mas a

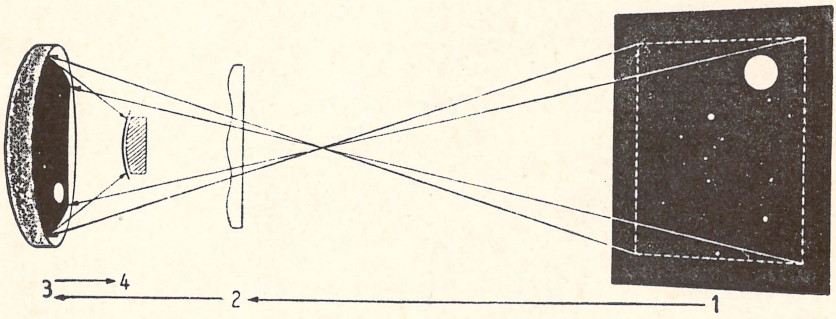


Fig. 23 — O NOVO APARELHO FOTOGRÁFICO. A câmara Schmidt, após fortes resistências, conquistou a liderança na fotografia celeste. Ela fornece, com o auxílio de um espelho (3), cujo êrro inevitável é compensado por uma chapa corretiva (2), uma imagem nítida de uma superfície celeste sôbre o filme estendido em curvas.

confecção dessa lente é tão difícil que os profissionais de óptica a declararam impossível e Schmidt, assim como, na mesma época, o descobridor dos raios cósmicos, se viu obrigado a travar uma luta tremenda contra os especialistas do ramo. Finalmente, os americanos deram-lhe a possibilidade de realizar o seu intento, mas êle não viveu o bastante para presenciar a montagem da denominada "grande Schmidt". Esta câmara encontra-se hoje no Monte Palomar, ao lado do enorme telescópio de espelhos, como a segunda grande aquisição dêsse Instituto e constitui o aparelho fotográfico maior e mais eficiente do mundo, com 8 m de comprimento, e um espelho de quase 2 m de diâmetro. Com *uma* foto êle capta uma imagem 12 vêzes maior que o disco da Lua cheia e ainda assim se vêem no filme mais estrêlas do que nas fotografias que se colecionam há 40 anos para o "Grande

Atlas Celeste Internacional". Por isso ficou resolvido que se tiraria uma nova fotografia geral do céu com a câmara Schmidt. Cada ponto é fotografado duas vêzes, uma vez com filme sensível a vermelho e outra com filme sensível a azul. 1870 fotografias fixarão 500 milhões de estrêlas e 10 milhões de vias-lácteas até a distância de 300 milhões de anos-luz, confiando-as à posteridade: "Era assim que os homens viam o mundo em meados do século 20". Para se fazer uma idéia da capacidade do conjunto dos instrumentos do Monte Palomar, veja-se o seguinte: se alguém pudesse voltar êsses aparelhos na direção dos objetos terrenos, poderia ver, da Tôrre Eiffel à noite, brilhar os vaga-lumes no jardim do Palácio de Pequim.

3) O cálculo astronômico. Um desvio do eixo da Terra de 20 cm não passa despercebido

Guardamos o maior respeito aos aparelhos que de Paris enxergam vaga-lumes em Pequim. Mas o instrumento mais formidável do homem não está sob a cúpula do observatório e sim em seu cérebro. E o campo de trabalho mais importante não é o céu, é a fôlha de papel.

Pelo ano de 1833 três astrônomos sentados, cada um em outro ponto da Terra, encontravam-se às mesas de trabalho e mergulhados em seus cálculos. Um estava em Koenigsberg, o segundo em Dorpat, o terceiro na Cidade do Cabo. Nenhum dêles sabia dos outros. Na ciência as coisas se passam como numa corrida de cavalos. Um problema é pôsto em campo e eis que se estabelece a corrida, por assim dizer, dos puros-sangues para a conquista do grande prêmio da descoberta. Todos correm muito bem, uma cabeça junto à outra. Fazendo justiça, não haverá diferença entre êles, mas só ao primeiro a chegar, como nas corridas, a História oferecerá o prêmio. Assim foi a Mendelejeff e não a Lothar Meyer que coube o título de "criador" do sistema periódico; e foi Leverrier e não Adams o descobridor de Netuno e assim, dos três calculadores foi o de Koenigsberg, Bessel, que obteve a fama de ser o primeiro a determinar a distância de uma estrêla fixa, enquanto Struve e Henderson, que realizaram o mesmo feito, terão que se contentar com um *placê* no totalizador da História.

O princípio de que se serviram para os seus cálculos foi o mesmo: a paralaxe. A paralaxe é o desvio óptico de um corpo contra o fundo, quando o contemplamos de diversas posições. Coloquemos o dedo indicador diante do nariz e fechemos alternadamente um ôlho. O salto, para lá e para cá do dedo contra o fundo, é a sua paralaxe. Conhecendo-se a distância entre os olhos, pode-se calcular através do grau de desvio a distância do dedo. Tendo-se o dedo próximo êle dá um pulo grande, e se o tivermos longe, o salto será curto. Fotografando-se a Lua, ao mesmo tempo, em Paris e Moscou, ela apresentará um desvio

em relação às estrêlas. Se alguém conhecer a distância entre os dois observatórios, poderá calcular pelo desvio a distância da Lua.

Mas para objetos distantes como estrêlas, a linha básica Paris-Moscou não é suficiente. Fotografa-se uma estrêla num intervalo de 6 meses. A Terra nesse intervalo descreveu uma semicircunferência em tôrno do Sol. Ora, como se conhece o raio da órbita terrestre, pode-se estabelecer sua distância pelo desvio da estrêla em relação à rêde imaginária do céu (Fig. 24).

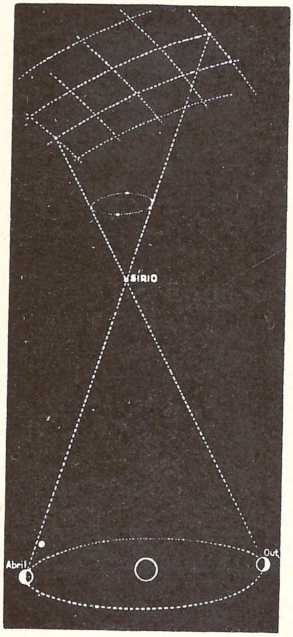


Fig. 24 — O RECURSO CLÁSSICO PARA O CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS ESTELARES: A PARALAXE. A paralaxe é o desvio periódico de posição da estrêla (em cima), causado pelo concurso anual da Terra (embaixo). Dêsse desvio provieram os primeiros dados sôbre o afastamento de estrêlas fixas.

Foi seguindo êsse método que os 3 astrônomos chegaram, cada qual, com um outro objeto de estudo, ao seguinte resultado comum: As estrêlas são tão distantes que se torna deprimente para o espírito humano pensar nisso. A luz que, num segundo, faz sete vêzes e meia a volta do globo terrestre e em 8 minutos e meio atinge o Sol, precisa 4 anos e meio para chegar até nós da estrêla mais próxima, a Alfa do Centauro, 8 e meio de nossa estrêla vizinha mais clara, Sírius, e 10 a 100 vêzes êsse tempo vindo das demais estrêlas visíveis. São êsses os nossos vizinhos no universo. A estrêla mais próxima de nós, portanto, está 250.000 vêzes mais longe do que o Sol — não admira, pois, que as estrêlas sejam vistas como pontos, mesmo com os maiores instrumentos. Seria preciso polir um espelho com um diâmetro de 100 metros para se reconhecerem como discos minúsculos os sóis maiores e mais próximos. Que absurdo acreditar em semelhante monstruosidade! Serão êstes cálculos certos?

A prova não demorou muito. Se a Terra descreve um círculo em tôrno do Sol, o desvio paraláxico da estrêla deve ser uma imagem dêsse círculo (Fig. 24). Bessel observou o movimento de Sírius com o escrúpulo característico do astrônomo. Dêsse modo, êle descobriu que a estrêla se movia de modo irregular, como o ponteiro de um mau relógio, ora correndo demais, ora se atrasando. Não há outra classe de gente que confie mais em seus trabalhos do que os matemáticos. Bessel não supôs jamais que o seu cálculo poderia ser errado. Um astrônomo reage como Hegel que, certa vez, ao aparteá-lo um ouvinte com: "Os seus dados não conferem com os fatos!" respondeu: "Tanto pior para os fatos". Quando aparecem desacordos entre o cálculo e Sírius, o culpado só pode ser Sírius. Bessel explicou: Sírius se movimenta "erradamente", porque possui um satélite que o rodeia e con-

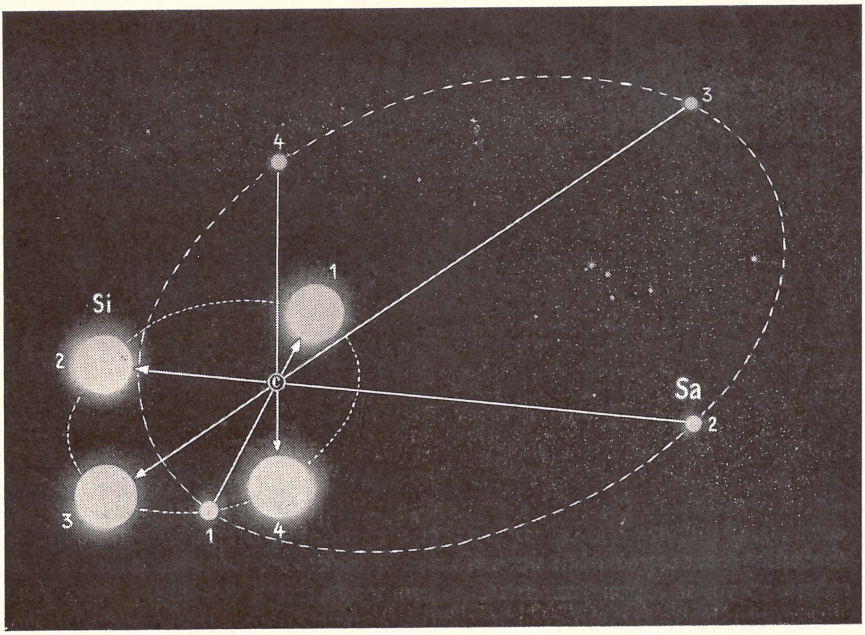


Fig. 25 — PRIMEIRO TRIUNFO DOS CÁLCULOS PARALÁXICOS. Das perturbações periódicas na trajetória paraláxica de Sírius (Si 1 a 4) Bessel calculou a existência de um satélite invisível (Sa 1 a 4) que foi encontrado posteriormente por meio dos telescópios mais fortes.

forme a sua posição, puxa-o ora para a frente, ora para trás ou para o lado (Fig. 25). Não se conseguia encontrá-lo, pois naquela época os instrumentos eram muito fracos para poder localizá-lo. E Bessel morreu sem vê-lo. Decerto morreu tranqüilo. Duvidara tão pouco do companheiro de Sírius que, se alguém irrompesse em seu aposento com a exclamação: O satélite está à vista! êle nem se daria ao trabalho de levantar-se da mesa de jantar.

Vinte anos depois do falecimento de Bessel os americanos Clark Pai e Filho, fabricantes de lentes, construíram o famoso telescópio do observatório de Yerkes com uma lente de 1 m de diâmetro. Ao experimentá-lo, o jovem Clark viu ao lado de Sírius uma pequenina estrêla. Também não se alterou, em parte porque era astrônomo, em parte porque era americano, dizendo sêcamente para o pai: Ali está êle.

É claro que uma ciência que se impõe tarefas dêste quilate não só necessita de instrumentos de absoluta precisão, como também devem ser à prova de qualquer abalo, protegidos contra qualquer influência deformatória do vento e do calor. Por isso os aparelhos astronômicos não estão montados dentro dos institutos, mas êstes se constroem em tôrno dêles, sem relação arquitetônica com êles. As suas colunas insuladas são fincadas bem profundamente na terra. Os institutos, por

sua vez, estão colocados sôbre as montanhas, longe das cidades, protegidos por árvores intencionalmente plantadas para os abrigarem contra o vento e o tempo. Assim mesmo, observaram-se notáveis "perturbações". Um observatório girava com o Sol. Pela manhã a casa inclinava-se para o leste, ao meio-dia para o sul e à tarde para oeste. Era talvez uma diferença de $^1/_{10}$ mm, mas o suficiente para se tornar sensível em um bom aparelho astronômico. Outros institutos, em cima de montes, revelaram que êstes se moviam no decorrer do ano. No inverno a água nas grotas se regela, sendo que no norte mais do que no sul, e como o gêlo ocupa mais lugar do que a água, êle impele a montanha para o lado oposto. Os observatórios de Leipzig e Roma aproximaram-se 6 cm no curso de 60 anos; o de Heidelberg afastou-se do pólo Norte 18,5 cm em 80 anos. Não se vive debaixo das estrêlas impunemente.

A Terra não é, segundo um cálculo que figura entre as extraordinárias realizações de Newton, um globo de conformação regular; em conseqüência os seus raios diferem. Os desvios se calculam de acôrdo com diversos métodos. Um dêles parte da posição das estrêlas, e diz: Se a Terra não é um globo exato, então o céu que vemos projetado no espaço não é exato. O segundo mede os desvios do pêndulo, que oscila diversamente de acôrdo com a distância do centro da Terra. Um terceiro método determina os desvios, observando as irregularidades no movimento da Lua. Os resultados obtidos mediante êsses três métodos para o comprimento dos raios terrestres diferem em valores até 108 metros. Dir-se-ia que os astrônomos estariam satisfeitos, mas não. Declaram êles que o êrro não pode estar nos cálculos, mas deve ser procurado na Terra. As contas estão certas, a Terra não. Ela modifica a sua forma de 10 em 10 anos.

4) A análise espectral

Se deixarmos passar a luz através de um prisma, veremos as ondas desviarem-se diversamente conforme a sua extensão. As ondas, que penetraram como feixes comprimidos, aparecem do lado oposto como fita colorida na ordem correspondente ao seu comprimento. Como cada comprimento de onda corresponde a determinado salto electrônico entre as camadas do átomo (Fig. 15), podem-se verificar pelas côres que aparecem quais os saltos executados. Pelos saltos pode-se reconhecer o átomo, portanto o elemento; e assim o espectro denuncia em primeiro lugar os elementos que ardem numa fonte de luz. O resultado é o seguinte: Em todos os corpos celestes brilham os mesmos elementos. O mundo, sob o ponto de vista da matéria, é uma unidade.

Quando numa estrêla brilham átomos de ferro, essa estrêla tem que ser pelo menos tão quente quanto necessário para o ferro nela se incandescer. A intensidade do calor dêsse ferro reconhece-se pelo comprimento de ondas. Se aparecem sòmente ondas longas na região vermelha, sabemos que a temperatura da estrêla é relativamente baixa

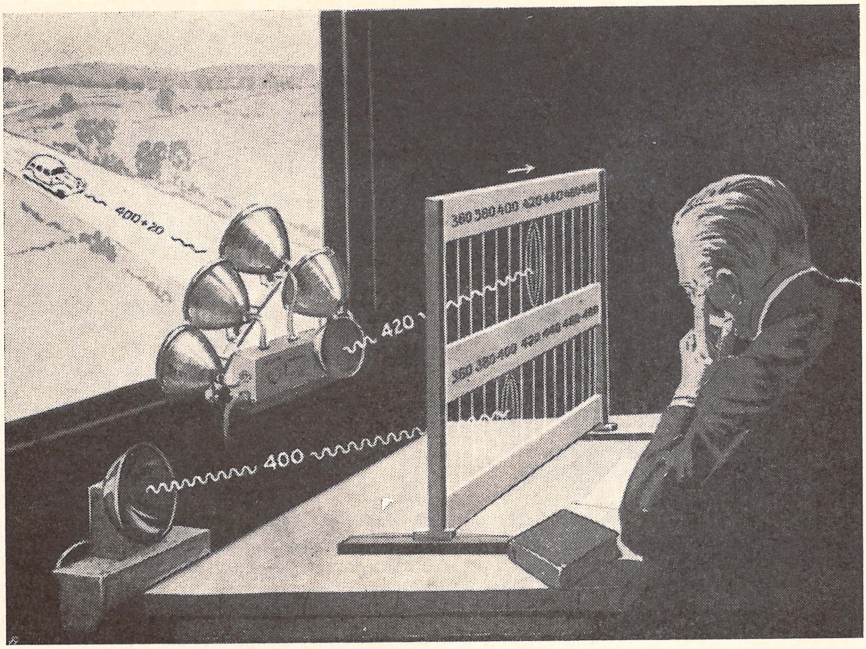


Fig. 26 — O EFEITO DOPPLER, QUE PERMITE CALCULAR VELOCIDADES NA DIREÇÃO DA VISÃO. Quando um automóvel, cuja buzina emite 400 ondas sonoras por segundo, se aproxima do observador, êste recebe, então, um número aumentado de ondas. Pelo aumento pode-se calcular a velocidade da aproximação

Se aparecem ondas curtas, a estrêla deve ser quente, pois para expelir eléctrons das camadas internas dos átomos de ferro são necessárias altas temperaturas.

Os átomos que se movimentam livremente nos gases fornecem, em conseqüência do desembaraço dos saltos electrônicos, espectros de côres nìtidamente delimitadas; átomos e conjuntos atômicos, bem como as moléculas aglomeradas em vapôres densos ou em líquidos, denunciam se pelas fitas desbotadas. E assim o espectro revela um terceiro aspecto a condição da matéria.

Preparamos os quatro diapasões do acorde em dó maior: dó, mi, sol, dó. No aposento vizinho colocamos outros quatro dêsses diapasões e fazemos soar ali o do mi. Diante de nós começa a vibrar o diapasão de mi e sabemos que isso é acusado pelo do quarto próximo. Chamamos a essa vibração conjunta de ressonância, embora seja uma consonância. Agora colocamos um terceiro diapasão de mi na fresta da porta, através da qual passam as ondas de som. Fazemos soar lá dentro todos os 4 diapasões do acorde, mas diante de nós sòmente 3 vibram conjuntamente. O nosso diapasão em mi fica mudo, pois na fresta da porta vibra a oitava em mi, colhendo tôda a energia. Resultou uma

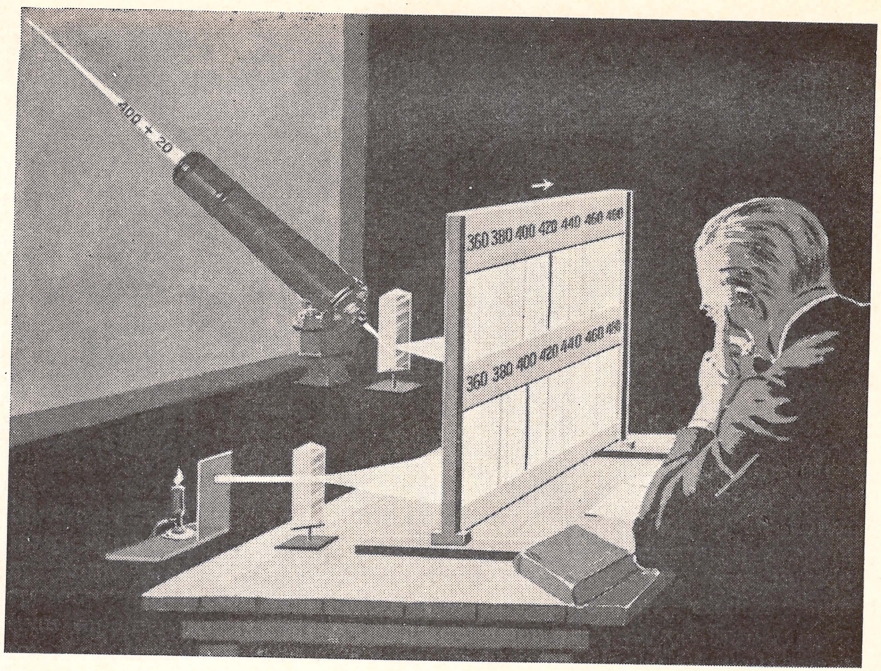


Fig. 27 — A APLICAÇÃO DO EFEITO DE DOPPLER NA LUZ ESTELAR. Quando uma estrêla se aproxima da Terra, o número das ondas de luz emitidas pelos átomos aumenta; o espectro, por exemplo, do ferro incandescente aparece desviado. Êsse desvio permite calcular a velocidade de aproximação ou afastamento de uma estrêla.

falha de sonoridade. Pelo mi ausente percebemos que o acorde pulou um diapasão de mi em seu trajeto.

Os espectros das estrêlas mostram lacunas, que, segundo o seu descobridor (um aprendiz de vidraceiro que se tornou mais tarde famoso especialista em óptica e matemático), se denominam as raias ou melhor se diria as lacunas de Fraunhofer. Se no espectro de uma estrêla entre 100 riscas luminosas faltam as do hidrogênio (Fig. 17), então é porque a luz percorreu uma camada do mesmo.

Se a buzina de um automóvel soar com a freqüência 400, os nossos ouvidos receberão por segundo 400 ondas de som — se êle estiver parado. Se vem de frente, o número se eleva; afastando-se, o número baixa (Fig. 26). Pelo aumento ou diminuição das ondas, pode-se calcular a velocidade do veículo. De todos nós é conhecido êsse efeito descoberto por Doppler: Os sons se elevam quando autos ou locomotivas se aproximam de nós com rapidez e decrescem quando se afastam.

Naturalmente que as oscilações que nos vêm das luzes sobem e descem na mesma medida. A côr das luzes das lâmpadas do carro que vem de frente desvia-se para o violeta, enquanto no que se afasta, para o vermelho. Êste desvio é muito leve, para ser percebido. Mas as

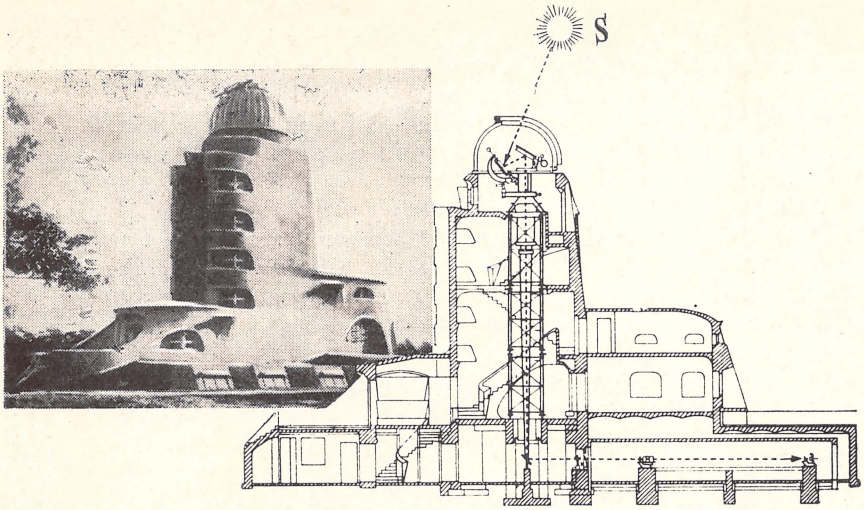


Fig. 28 — O NOVO APARELHO ESPECTRAL. Êsse aparelho não é mais de mesa; trata-se de uma tôrre completa com um sistema prismático de 25 metros de comprimento, montado subterrâneamente a fim de ser protegido contra abalos e mudanças de temperatura. O espectro obtido por meio dêle permite reconhecer 100.000 riscas.

estrêlas que se aproximam ou se afastam de nós com velocidade quilométrica por segundo possibilitam determinar-se no espectro não sòmente o movimento como também a velocidade, numa exatidão de 0,5 km/seg (Fig. 27). Em condições favoráveis pode-se, por meio de comparação de ambas as extremidades, indicar com que velocidade gira uma estrêla.

Na Fig. 28 vê-se um aparelho moderno de análise espectral, construído em Potsdam, denominado Tôrre de Einstein em homenagem ao grande físico. No tôpo da tôrre colhe-se a imagem do Sol (S) que é conduzida por meio de um sistema de espelhos, a 25 metros abaixo da superfície da Terra, onde, protegido de abalos e mudança de temperatura, se encontra um espelho. Em sua superfície arde o Sol como um disco de 0,5 m de diâmetro. Nenhum mortal poderia contemplá-lo sem cegar. Os raios são enviados por uma série de prismas. Cada um da série desdobra o espectro do anterior, de modo que se cria assim uma fita de largura quilométrica, da qual só se pode contemplar um pequeno recorte por vez. Já não nos admiramos, pois, que se possa contar em espectros modernos mais de 100.000 riscas. Não nos satisfazemos, porém, com a contemplação das riscas; dilatamo-las mais uma vez para "círculos de interferência". Todos nós já brincamos de apertar uma gôta d'água ou de azeite entre duas lâminas de vidro, de modo a transformar um pequeno ponto num disco largo, cujas riscas mudavam de côr tôda a vez que comprimíamos as lâminas. Do mesmo modo transformam-se as listas estreitas do espectro em círculos concêntricos, nos quais naturalmente se pode investigar muito mais do

que num simples traço (Fig. 29). Mas não basta isso. O interferômetro, mencionado na fig. 28 projeta dois dêsses círculos de ondas um sôbre o outro, permitindo observar, pela interferência das ondas de luz, desvios, que vão até o limite do inacreditável. O interferômetro não deixaria escapar um desvio da largura de uma agulha de coser que uma moeda fizesse à distância de 2 km.

As riscas e as lacunas são exploradas por meio de instrumentos foto-elétricos. Cada uma delas possui um campo intermediário mais fraco e lados chamados "asas". O físico hindu Megh Nad Saha, seguindo o caminho trilhado por Balmer e Bohr, estudou matemàticamente as freqüências oscilatórias das radiações claras e das escuras, estabelecendo

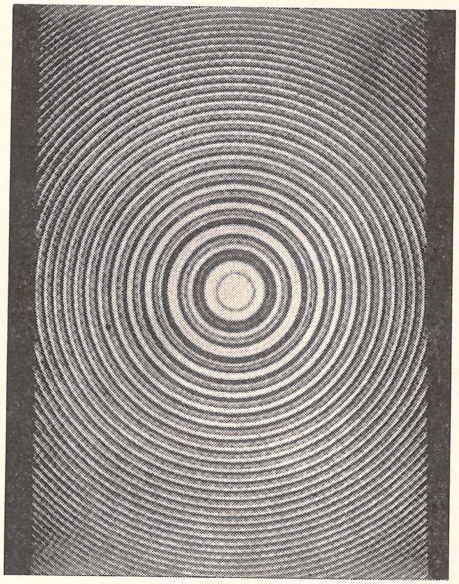


Fig. 29 — RISCAS NO ESPECTRO MODERNO. Não são mais riscas, mas por meio do interferômetro elas são espalhadas como gotas de óleo, transformando-se em círculos ondulantes. Assim são estudadas como preparados microscópicos.

fórmulas valiosas, com as quais se pode determinar o comprimento de saltos electrônicos e, conseqüentemente, os fenômenos que ocorrem não sòmente nas estrêlas brilhantes, como também nas nuvens cósmicas de côr negra.

Está-se, pois, preparado para assistir à sessão astronômica sob a cúpula de um observatório. O astrônomo mostra um ponto no telescópio e diz: "Isto é um sol que gira à distância de 86 anos-luz. A temperatura na sua superfície é de 14.000°. É um globo de gás, que tem o diâmetro de 30.000.000 km, pois é êsse o diâmetro que deve ter um globo gasoso de 14.000° de temperatura, para que à distância de 86 anos-luz possa brilhar com essa claridade. No centro do globo gasoso de 30.000.000 km de diâmetro e 14.000° de temperatura na superfície há uma pressão de 8.000.000 de atmosferas. Essa pressão produz a temperatura de 32.000.000°. O espectro mostra la-

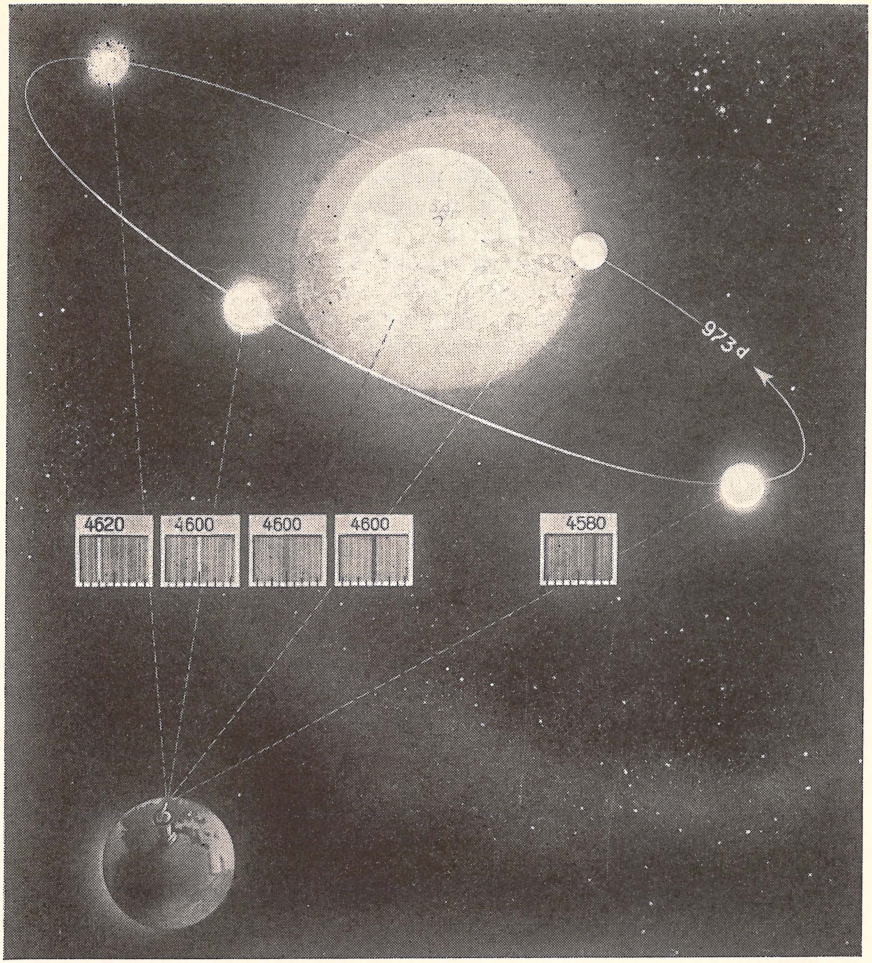


Fig. 30 — A DECIFRAÇÃO DE UMA ESTRÊLA DUPLA ESPECTROSCÓPICA. — Pelo aparecimento de riscas duplas, o grau e a periodicidade do desvio, o obscurecimento periódico de diversas riscas calculam-se a existência, a velocidade, a órbita, o pêso, a condição e a atmosfera de satélites invisíveis.

cunas; a bola de gás é pois rodeada por uma atmosfera. A localização das lacunas indica que essa atmosfera contém hidrogênio, hélio e cálcio numa proporção de 60:20:4. Mas as lacunas não se acham onde deviam estar. Elas foram desviadas para o lado violeta. Êsse sol, portanto, se movimenta em direção a nós numa velocidade de 36 km por segundo. A sua velocidade, porém, não é uniforme, pois a intervalos regulares êle se desvia da linha de 4.600 para 4.620, e, a intervalos igualmente regulares, êle retorna para 4.580. A estrêla descreve, pois, um círculo (Fig. 30). Êste revela que a estrêla é acompanhada por

outra. Da extensão do movimento circular e do desvio resulta que a acompanhante tem $^3/_5$ do pêso da estrêla principal; sua velocidade de giro é de 120 km por segundo, portanto, sua distância é de ..... 220.000.000 km. Vista por nós, a trajetória cruza a estrêla principal, pois a certos intervalos aparecem em seu espectro linhas escuras. São as linhas do cálcio, portanto há cálcio na atmosfera da estrêla secundária. Daí se conclui que a atmosfera deve ter determinada temperatura. Da duração de tempo em que aparecem as lacunas, calcula-se a altura da atmosfera. Devido ao cruzamento das 2 estrêlas a claridade da luz oscila. Essa oscilação se verifica em determinada curva. Desta resulta que as estrêlas não se cruzam em nossa linha de observação, mas as órbitas estão inclinadas uma em frente da outra a 30°. Ambas estas estrêlas, contudo, são perturbadas por um terceiro corpo. Êste, porém, segundo uma fórmula válida deve ter um afastamento de pelo menos 5 vêzes a distância entre as 2 estrêlas, portanto de 1.100 milhões de quilômetros. A sua distância é, pois, fácil de ser... Ouvimos a palavra "fácil" e levantamos os olhos. Não estamos sonhando. Ali está um homem diante de nós e fala. Êle é o astrônomo (astro = estrêla — nomos = lei) e discorre sôbre as leis que regem as estrêlas. Êle refere-se a um ponto que seria um mundo tríplice à distância de 86 anos-luz, pronunciando a palavra "fácil" — será êle um Deus? Não, é um homem, o homem de ciência de 1950.

5) Os 4 instrumentos da astronomia do futuro: rádio e radar, o foguete e a máquina de calcular

O espectro visível é apenas um pequeno recorte do verdadeiro, que se relaciona com a parte visível como o teclado do piano para uma única tecla. Mas a ciência naturalmente descobriu meios de medir também as oscilações invisíveis, tanto as curtas, que vão desde o violeta aos raios gama, como as longas, que vão do infravermelho até às ondas de rádio, podendo também fazer experiências com elas. A região do infravermelho e das ondas caloricas verificam-se por meio do bolômetro, instrumento termoelétrico de reações tão sutis, que chega a registrar um milhão de graus intermediários entre dois traços divisionários de um termômetro de quarto. É tão sensível que mostra a alteração produzida por uma pessoa que entra no quarto contíguo com cigarro aceso.

A maior parte das observações astronômicas foi mecanizada em nosso século. Não se observam mais as manchas do Sol a ôlho, mas um aparelho fotográfico apanha automàticamente em cada 20 segundos a imagem do Sol e deixa-se correr o filme quando se desejar. Também a observação espectroscópica do Sol está automatizada. O cinematógrafo espectro-hélio fotografa as riscas espectrais em intervalos de 20 minutos. Com os radiotelescópios, que em lugar de um espelho possuem uma

antena, escutam-se as irradiações, que nos vêm do reino da Via-Láctea e são mais fortes quando vêm do centro do sistema.

Se um corpo se desloca do espaço universal para a atmosfera, êle se torna quente pela frenação e os seus átomos perdem eléctrons. Do mesmo modo êle arranca eléctrons dos átomos do ar. Pelos eléctrons libertados cria-se um abalo electrostático que se pode registrar com os contadores modernos. Quando um meteoro se movimenta do céu para a atmosfera, o mostrador do observatório dá sinal. Tanto faz que seja dia ou noite, esteja o tempo límpido ou nublado. Tanto faz que o astrônomo esteja a postos ou almoçando em sua casa. O aparelho desenha uma curva numa fita de filme que nêle corre, onde se pode observar a grandeza, trajetória e velocidade do corpo em questão. O tipo de astrônomo que fica a noite tôda em sua cúpula, cegando os olhos, como Schiaparelli, o descobridor dos canais de Marte, está desaparecendo. Daqui a algum tempo será figura de álbuns infantis, como o astrólogo ou o vigia noturno que ia e vinha pela noite adentro com uma lanterna.

Não são apenas as noites do contemplador de estrêlas que estão contadas, também os dias em que ficava escrevinhando as suas contas estão findos. Um leigo não pode nem sequer imaginar quanto se calcula em astronomia, e como são demoradas essas operações. O fato de alguém ter realizado cálculos dia e noite durante 10 anos para a solução de *um* problema não é raro na história da astronomia. Haveria ainda muito mais cálculos se houvesse dinheiro e gente para isso. A maioria dos problemas fica abandonada. Também essa urgência de cálculos pertence ao passado.

O cérebro elétrico multiplica, divide, eleva à potência e extrai raízes, descobre erros e se corrige, e uma vez ajustado, produz o trabalho de 10 anos em uma tarde! Uma multiplicação como 346.539.787.163 × × 868.937.544.619 não é trivial. O "robot" calculador faz a operação em $^{1}/_{500}$ de segundo! Para cálculos até agora tidos como impossíveis, pois cérebros humanos não podiam abranger números tão macroscópicos, a máquina dá as soluções e as faz sair como maços de cigarros de autômatos de venda. Atacam-se agora problemas que há 50 anos atrás foram considerados transcendentais.

Mas a arma mais nova da astronomia que ainda não entrou em ação é o foguete. Os problemas teóricos do vôo de foguete além dos limites da atmosfera podem-se considerar como solucionados. Agora só é uma questão de financiamento enviar para o firmamento foguetes de pesquisas. Caso homens partirem da Terra em foguetes — o que é de esperar seguramente — êles se compenetrarão daquilo que dissemos no início de nossas considerações: trata-se de um mundo superhumano aquêle para o qual se dirigem. Distâncias desanimadoras separam mesmo os planêtas da Terra; 500 vêzes um milhão de quilômetros é uma distância média no sistema planetário. A estrêla mais próxima, entretanto, é 100.000 vêzes mais distante e aquêle pequeno

círculo que circunda a nossa região na Via-Láctea (Fig. 31) tem um raio que, por sua vez, é 1.000 vêzes mais longo, 5.000 anos de viagem com a velocidade da luz — e ainda assim estaríamos na vizinhança imediata do Sol! Êsse é o mundo que vemos em nossa frente. As idéias mais audazes de viagens interplanetárias se desmoronam contra a realidade que é mais dura do que a muralha da mais forte prisão.

Capítulo VIII

AS UNIDADES DO UNIVERSO: ILHAS UNIVERSAIS DO TIPO DE NOSSA VIA-LÁCTEA

1) A Via-Láctea: uma espiral de 200.000 milhões de sóis

Quando olhamos para o céu numa noite clara, vemos uma larga faixa de névoa tênue que se estende entre as constelações de estrêlas, denominada pelos gregos a Via-Láctea. A Via-Láctea é a imagem interna de uma espiral de sóis que se acham tão distantes, a ponto de não se poder distingui-los separadamente, mas que se percebem em sua totalidade como uma fulguração.

Suponhamos que estivéssemos em um daqueles aviões que escrevem anúncios no céu, desprendendo gases, e o nosso aparelho tivesse traçado um C. Os que se achassem lá em baixo veriam êsse C como uma espiral; nós que voamos em meio da letra vemo-nos rodeados de um anel leitoso, uma via-láctea. Se pudéssemos sair da nossa Via-Láctea em direção ao espaço universal, poderíamos vê-la tal como ela é: uma espiral plana, em forma de lentilha, que se parece com a que vemos na constelação de Andrômeda, como sendo uma mancha de nebulosa (Ver Fig. 36). A Via-Láctea é uma nebulosa de Andrômeda vista por dentro, e a nebulosa de Andrômeda é uma via-láctea vista de fora (Fig. 31).

O principiante fica confuso ao observar dois objetos fundamentalmente diversos no céu estelar: de um lado a faixa da Via-Láctea, em cujo interior afirmam que êle se encontra e de outro lado inúmeras estrêlas maiores e menores espalhadas pelo céu todo. Imaginemos aproximar-nos de um pôrto durante a noite num navio. As luzes distantes nos parecem um brilho difuso no plano do horizonte: é a Via-Láctea. As lanternas de nosso navio que mais tarde se integrarão na faixa estreita dessas luzes são vistas em tôdas as direções: na frente, atrás e sôbre nós. Os amigos, porém, que nos aguardam no cais vêem

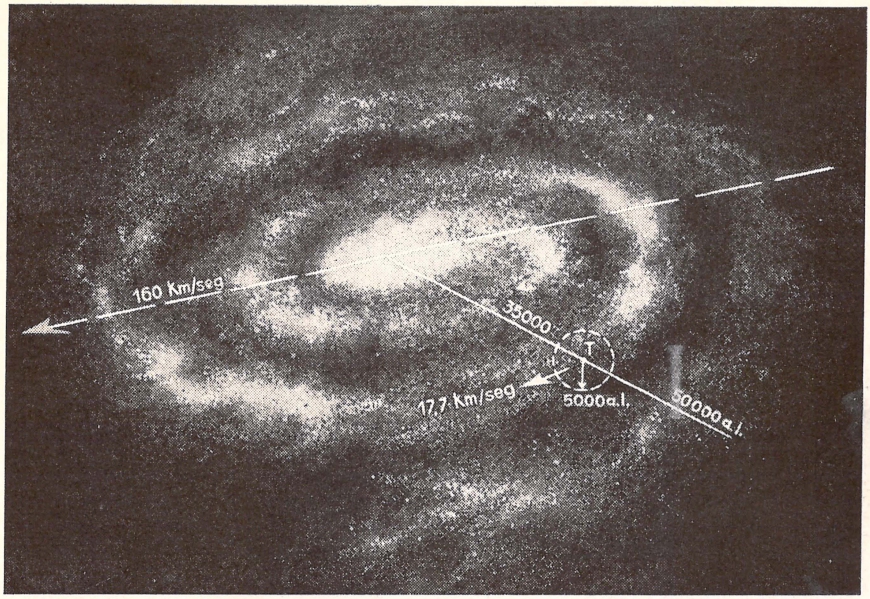


Fig. 31 — O LAR DO HOMEM NO UNIVERSO: A VIA-LÁCTEA. Esta é, de acôrdo com as observações atuais, a vista interna de uma espiral constituída por 200.000 milhões de sóis, com um raio de 50.000 anos-luz (arredondadamente). A Terra T encontra-se mais ou menos a 35.000 anos-luz de distância do centro sôbre uma das espiras externas. O círculo desenhado em tôrno da Terra, de 5.000 anos-luz de raio indica a região que a ciência de certo modo tem estudado bem até hoje. A Terra voa como satélite do Sol com uma velocidade de 160 km/seg.

as lanternas do nosso navio também como um amontoado de luzes num só plano, tal como nós vemos as luzes que êles percebem em tôdas as direções. A distribuição no espaço é apenas uma experiência subjetiva do observador, que se acha no meio.

Nossa Via-Láctea é uma espiral elíptica, de mais ou menos 100.000 anos-luz de extensão, 30.000 a-l de largura e em seu centro mais grosso 15.000 a-l de espessura. Um sistema destas dimensões deve satisfazer certos requisitos matemáticos. Deve ter certa idade, determinado pêso, determinada distribuição das massas e finalmente certa velocidade de circunvolução, a fim de permanecer estável. Nossa espiral estelar deve possuir 250.000 milhões de sóis. Mas só se podem ver no máximo 200.000 milhões. Portanto ela ainda contém massas invisíveis, sóis escuros ou de brilho fraco, planêtas, luas, planetóides, meteoros, poeira cósmica, prótons, eléctrons e gases finamente distribuídos.

Se olharmos numa noite clara a constelação do Cisne veremos no ruço da Via-Láctea buracos negros, onde não se observam estrêlas. Denominam-se êsses vácuos sacos de carvão e êles nos tornam conscientes de que o céu não é negro, mas acinzentado. Negros são apenas êsses sacos de carvão. E êles não são, como parecem, buracos, mas sim

Fig. 32 — A NEBULOSA "CABEÇA DE CAVALO". A maior nebulosa do nosso firmamento é a que é vista a ôlho nu no cinturão de Órion. O telescópio e a fotografia revelam nela interessantes detalhes como essa "cabeça de cavalo" que deve a sua forma a uma nuvem escura.

nuvens que estão relativamente próximas de nós no espaço sideral, e que encobrem o fundo brilhante da Via-Láctea. Nosso Sol acha-se atualmente numa região do espaço entremeada de muitas nuvens escuras — fato êsse bem desagradável para a ciência, pois elas tornam quase impossível obter-se uma visão clara da verdadeira estrutura da espiral de nosso universo. Pequenos fragmentos dessas nuvens são visíveis, e justamente onde em seu interior existem estrêlas de intensa luminosidade. É como se reconhecêssemos a neblina de uma noite de novembro à luz das lâmpadas nas ruas. O exemplo mais conhecido é a nebulosa no Órion que se movimenta a uma distância de 750 anos-luz e é atravessada pelos raios de grupos de estrêlas muito quentes e claras. É reconhecível na parte inferior da cinta de Órion, a ôlho nu como uma mancha desbotada. Ela tem a largura presumível de 100 anos-luz, contendo uma massa que é mais ou menos 180 vêzes mais pesada do que a do nosso Sol (Fig. 32). Evidentemente a nebulosa se movimenta desatinadamente, mas aos nossos olhos ela permanece estática, assim como a nuvem de fumaça sôbre o Vesúvio, vista de longe, dá a impressão de estar parada, quando na realidade se lança em rodopio selvagem para cima. Dever-se-ia tirar uma fotografia de 10

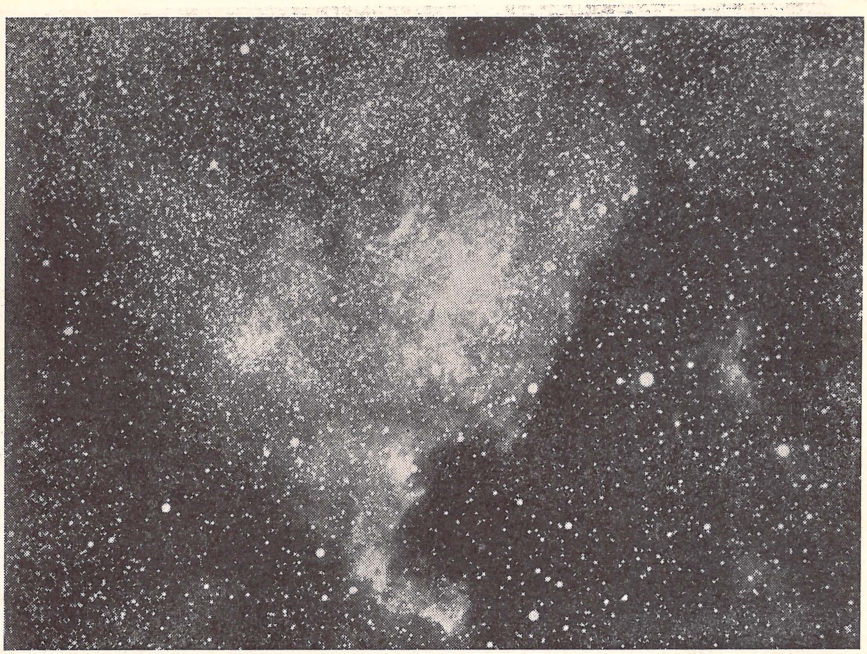


Fig. 33 — UM DOS PONTOS MAIS FAMOSOS DA VIA-LÁCTEA: A NEBULOSA AMÉRICA. A nebulosa América é a silhueta de duas nuvens escuras que pairam a distâncias diversas, entre nós e as massas estelares.

em 10 anos dessa nebulosa, mil chapas uma depois da outra, projetando-as depois como filme — veríamos então a agitação do caos.

Outra nebulosa bem conhecida é a denominada América (Fig. 33), assim chamada porque apresenta uma cópia surpreendente da América do Norte na longinqüidade celeste. Esta, também, nada mais é do que a silhueta de duas nuvens escuras, das quais uma se distancia 700 anos-luz e a outra 3.000 a-l, cobrindo uma região muito iluminada da Via-Láctea, rica em raios ultravioleta.

Até hoje foram descobertas cêrca de mil dessas nuvens escuras. A Via-Láctea, portanto, não é apenas uma espiral de estrêlas brilhantes, como também um céu cheio de nuvens escuras, comparável a um dia terrestre em que o nosso céu está meio coberto de nuvens esfarrapadas pelo vento.

Quando voltamos a nossa atenção para as partes claras da Via-Láctea, tomando o telescópio e a máquina fotográfica para nos auxiliarem, obtêm-se as hoje tão conhecidas fotografias da Via-Láctea que chegam realmente a cortar a respiração de quem as contempla. Uma foto telescópica da Via-Láctea parece açúcar em pó distribuído sôbre uma chapa preta; cada grãozinho é um sol tão grande, claro, quente

Fig. 34 — OS AGLOMERADOS ESTELARES DA VIA-LÁCTEA. As estrêlas da Via-Láctea só em aparência são densamente aglomeradas; na verdade elas se acham separadas entre si por anos-luz e dezenas de anos-luz. A Via-Láctea ainda poderia conter 1 milhão de vêzes mais estrêlas e não ficariam "apertadas". Os lugares negros, denominados "sacos de carvão", são nuvens escuras.

e brilhante quanto o nosso (Fig. 34). Cada pontinho dessa chapa deve ser um sol e um sol extraordinàriamente claro, pois de outra forma êle não enviaria luz suficiente, através de distâncias tão imensas, para aparecer cá em baixo na Terra, no fundo da atmosfera opaca como um ponto branco numa chapa fotográfica. Cumpre dizer que a "densidade" dos pontos é sòmente uma ilusão. Pontos que a uma distância de 1.000 ou 10.000 anos-luz se vêem lado a lado como pontos distintos, devem distanciar-se entre si de anos-luz, ainda que estivessem um ao lado do outro. Mas êles estão um após outro, afastados talvez centenas

de anos-luz entre si! É como se vissemos uma cidade iluminada do tôpo de uma montanha. As luzes se aglomeram com tal densidade que não se pode acreditar que pessoas e veículos se movimentem entre êles sem colidirem, mas na verdade dominam a ordem e a amplidão naquele mundo iluminado. Os sóis não sòmente não estão juntos um do outro, mas intervalos incomensuráveis isolam as estrêlas no firmamento. Nada é tão certo nesse universo, mesmo na "aglomeração mais densa dos sóis", do que a solidão. A Via-Láctea poderia conter um milhão de vêzes mais sóis, e nem assim existiria perigo de colisão entre êles. Mesmo nos "aglomerados", os sóis estão de tal maneira isolados, que uma estrêla tem de se movimentar 500 bilhões de anos antes que se choque com a sua vizinha. E tanto tempo não vive uma estrêla, não vive uma via-láctea, nem todo o universo.

A fim de que uma via-láctea permaneça estável, os seus sóis têm de estar em movimento. Êles giram em espiral com uma velocidade média de 300 km/seg, de sorte que precisam mais ou menos 250 milhões de anos para completar uma órbita. Quando os sáurios habitavam a nossa Terra, ela se encontrava com o sistema solar do lado oposto da Via-Láctea. Atualmente o Sol acha-se mais ou menos a 33.000 anos-luz do centro do sistema e a mais ou menos 100 anos-luz fora do plano central. O ponto central da Via-Láctea parece encontrar-se na direção da constelação do Sagitário, onde a sua densidade e luminosidade atingem o máximo. A fim de fazermos uma idéia bem clara da Via-Láctea, "o lar do homem no universo", antes de nos separarmos dela, olhemos ainda uma vez para a Fig. 31, T (= Tellus) é a Terra na posição que se presume ter ela no sistema. O círculo que a rodeia com o seu raio de 5.000 anos-luz é a área da qual se pode dizer que é relativamente bem pesquisada. Do outro lado dêsse círculo os nossos instrumentos são insuficientes assim como os nossos cálculos e dependemos cada vez mais de meras suposições, auxiliando-nos a probabilidade muito aceitável de que "a coisa continua" para além. Efetivamente, tôdas as observações que podemos fazer separadamente em objetos distantes seja porque ou são grandes como as outras vias-lácteas ou muito luminosos como certas estrêlas, adaptam-se de tal modo ao nosso conhecimento atual que as nossas conclusões se justificam e nelas devemos confiar. Mas o âmbito do conhecimento exato, como o demonstra a ilustração é angustiantemente pequeno diante da realidade. É bom estar consciente dos limites das nossas pesquisas sem ficar deprimido ou desesperançado.

2) Os companheiros da Via-Láctea: as nuvens de Magalhães e as 80 formações globulares

Quando Magalhães contornou a América do Sul descobriu próximo à constelação do Cruzeiro do Sul duas nuvens luminosas. A maior brilhava tanto, que mesmo com lua cheia se reconhecia. Estas nuvens aparentemente são dois fragmentos que se desprenderam da espiral da

Via-Láctea, movendo-se paralelamente ao sistema numa distância de mais ou menos 80.000 anos-luz. Ao contrário da espiral bem ordenada da Via-Láctea, elas são caóticas. A nuvem grande tem 10.000 anos-luz de extensão e contém mais de 100.000 estrêlas brilhantes. A pequena tem apenas a metade dêsse tamanho, mas é três vêzes mais rica em sóis. Se fôssem sóis comuns como o nosso, nós nem os veríamos, pois o nosso Sol brilha muito pouco para ser percebido numa distância de 80.000 anos-luz. Os sóis das Nuvens de Magalhães são astros extraordinàriamente quentes e brilhantes. Um dêles, S Doradus, é o mais brilhante dos astros conhecidos; êle envia quase 500.000 vêzes mais radiação do que o nosso Sol. Êsses supersóis mantêm-se em grupos e são ligados por massas nebulosas incandescentes. As energias que desprendem devem ser mil vêzes mais fortes do que a que nos cerca.

Além das Nuvens de Magalhães, a Via-Láctea é acompanhada por cêrca de 100 conglomerados de estrêlas de forma esférica. Essas "formações globulares" são grupos de estrêlas especiais que não se repetem em parte alguma do universo. São tôdas mais ou menos iguais em tamanho, possuem 100 anos-luz de diâmetro e cada uma contém algumas dezenas de milhares de sóis de brilho forte, sóis gigantescos do tipo de Rigel. Se não brilhassem com tanta intensidade não seria possível reconhecê-los a essa distância: 50.000 a 200.000 anos-luz. Os sóis acham-se dispostos nas formações globulares com a regularidade das gotas de orvalho no círculo de uma teia de aranha. Orvalho do universo — é possível que essas formações sejam isso, pois a natureza desconhece a diferença de grandezas. Ela reúne átomos em gotas, gotas em orvalho e sóis em formações globulares. Não há nada no mundo astral que se lhes compare em esplendor e regularidade de forma. Nunca se ouvem exclamações de admiração tão grandes, ao contemplar o céu, como quando exibimos aos amigos da natureza formações globulares. Daí compreendermos muito bem certo jovem que, após ter estado em um observatório, não pôde dormir nessa noite, e no dia seguinte declarou ao pai que renunciava à sua profissão para se dedicar aos estudos de astronomia.

As formações globulares sempre estimularam a fantasia, e em conseqüência também o vivo esfôrço dos astrônomos. Ainda não se chegou até hoje a uma teoria satisfatória. Quando as contemplamos da Terra, vê-se a metade voltada na direção do arqueiro Sagitário, no ponto justamente em que se supõe seja o centro da Via-Láctea. Ali elas estão tão densamente reunidas, vistas daqui, que uma têrça parte delas se aglomera numa área que perfaz apenas 4 % do firmamento. Como estão afastadas mais ou menos à mesma distância que o centro da Via-Láctea, Shapley, que se preocupou durante muito tempo com elas, formulou a hipótese de que as mesmas se identificam com êsse centro. Mas, com mais freqüência é usada a hipótese ilustrada na Fig. 35, isto é, que elas circulem fora do sistema, acompanhando a Via-Láctea como um esquadrão de aviões a um navio de guerra. O espaço que ocupam seria o duplo do da Via-Láctea. A formação

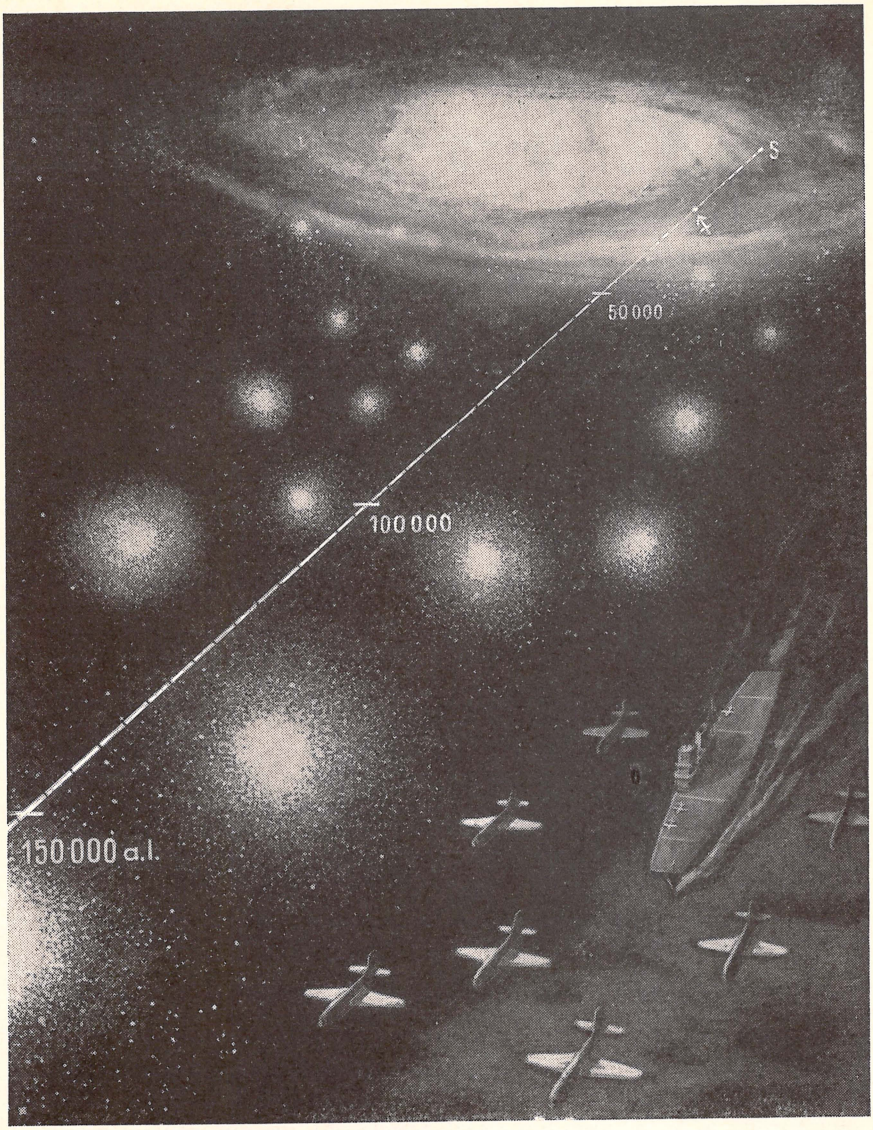


Fig. 35 — A VIA-LÁCTEA E SUAS FORMAÇÕES GLOBULARES. A Via-Láctea que se movimenta pelo espaço é acompanhada por um séqüito de umas 100 formações globulares, constituídas de estrêlas, cujo brilho é singularmente intenso. A origem e natureza dessas acompanhantes tão extraordinárias ainda são desconhecidas para nós. S = Sol, a.l. = anos-luz.

mais próxima de nós estaria afastada 50.000 anos-luz, a mais longínqua quatro vêzes mais. Nenhuma delas é vista no plano da Via-Láctea, mas tôdas se encontram além de 20° ao norte ou ao sul sôbre o equador da Via-Láctea. Provàvelmente é apenas um efeito óptico. Névoas escuras no plano do equador impedem a vista. O primeiro que considerou o problema das formações globulares matemàticamente foi o astrônomo francês Emile Belot. No início do século, êle aplicou a objetos astronômicos teorias sôbre a formação de turbilhões e nodos nas substâncias em vibração. Assim como 30 anos mais tarde, Schroedinger chegou ao resultado de que os eléctrons só podiam formar-se em determinados pontos da nuvem de vibrações do átomo, Belot concluiu, baseado em cálculos, que quando duas nuvens cósmicas de densidade diversa se encontram, podem e devem formar sóis e planêtas em pontos matemáticos determinados (Fig. 46). As fórmulas de Belot talvez não sejam a solução, mas elas indicam o caminho que se deve trilhar no macrocosmo para trabalhar também com métodos matemáticos e provàvelmente êsses métodos serão cada vez mais empregados. No mundo das estrêlas, como no dos átomos, são aparentemente fórmulas matemáticas, que funcionam como o princípio criador e, por isso, originam cá e lá formações cujo motivo dominante é, evidentemente, de ordem matemática: cálices de flores, teias de aranha, cristais, estrêlas-do-mar, vias-lácteas, formações globulares. O universo é matemática tornada substância.

Capítulo IX

O UNIVERSO

1) 100 milhões de ilhas universais em movimento

As vias-lácteas transitam pelo universo como se fôssem nuvens de bom tempo. Para onde voltarmos o telescópio, veremos por tôda parte espirais e cada uma delas é uma via-láctea como a nossa (Fig. 36).

A mais próxima é o sistema de Andrômeda. É menor, mas mais rica em sóis. Êstes giram no centro com uma velocidade pequena de uns 50 km/seg; a 1.000 anos-luz de distância do mesmo centro surge — como no anel de Saturno — uma "zona de silêncio". Depois disso, a velocidade giratória aumenta até que na periferia atinge 400 km por segundo. A fim de completarem uma órbita os sóis necessitam de 20 a 200 milhões de anos. São, como denunciam seus espectros, do mesmo tipo de sóis da nossa Via-Láctea.

A espiral de Andrômeda também possui duas "Nuvens de Magalhães", que, como a nossa, se acham afastadas a 80.000 anos-luz e, como o

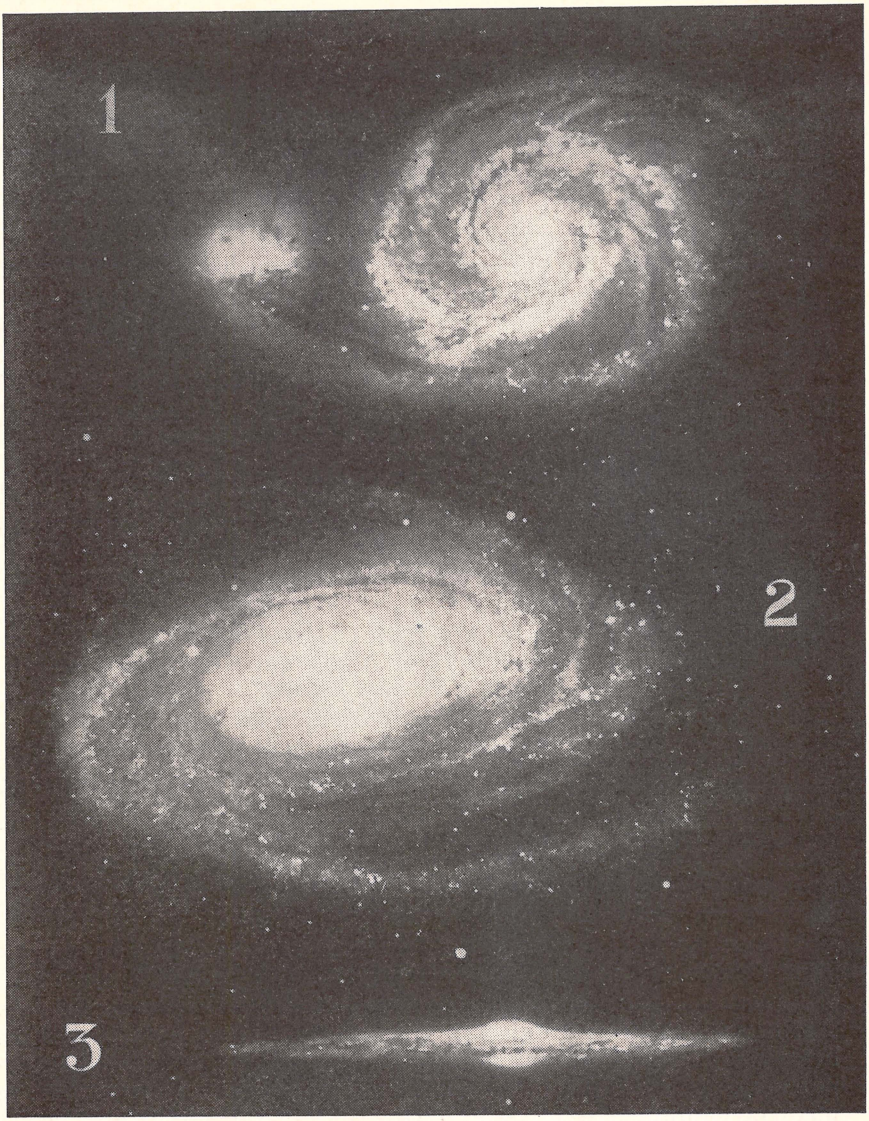


Fig. 36 — VIAS-LÁCTEAS VISTAS DE DIVERSOS ÂNGULOS. O espaço, até onde conseguimos observá-lo até hoje, aparece habitado por 1.000 milhões de vias-lácteas aproximadamente.

nosso sistema, ela também está acompanhada de formações globulares. A distância do sistema de Andrômeda é de 720.000 anos-luz. Se um ser humano pudesse dali observar a Terra, êle a veria na época terciária e se pudesse reconhecer detalhes, talvez veria nesse momento como o homem-macaco de Java retirava o primeiro fogo do braseiro vulcânico. Ah! exclamaria êle, agora ali também começa a civilização. Como nós, saberá que a Terra atualmente já é quase um milhão de anos mais velha do que como a vê. Mas o observador, naturalmente, não pode fazer idéia de que êsses macacos entrementes se tornaram sêres humanos, os quais munidos de telescópios gigantes e máquinas fotográficas olham para êle lá em cima, e pesquisam o seu mundo, sôbre o qual estabelecem teorias filosóficas, como êle sôbre o nosso.

Nós também não podemos ver o mundo de Andrômeda como realmente é, mas como foi há 720.000 anos. Não está ali onde o vemos, pois estêve lá há 720.000 anos. Onde êsse mundo se encontra hoje, não sabemos. Êle vem ao nosso encontro, ou melhor, veio, há 720.000 anos — com a velocidade de 300 km/seg. Não se deve ter mêdo ao saber que há corpos celestes que se aproximam de nós a 26.000.000 km por dia. A luz do sistema de Andrômeda levou 720.000 anos. O sistema pròpriamente dito se movimenta numa velocidade mil vêzes menor, aproximou-se de nós, portanto, $^1/_{1.000}$ mais da distância daquela época. Isto nada mais é do que se dois navios afastados 300 km entre si, se aproximassem um do outro 0,3 km. Ainda que êsse mundo vizinho viesse em nossa direção direta e constantemente — o que é altamente improvável — êle precisaria 720 milhões de anos para chegar aonde estamos. Mas até lá o nosso sistema deslocou-se para qualquer outra direção numa viagem espacial de 720 milhões de anos. Além disso, segundo as leis universais, tais sistemas nem podem colidir. Muito antes de se aproximarem "perigosamente" começam a girar um em tôrno do outro e ainda que se aproximem um do outro em espirais, êles se dissolvem numa determinada distância, conforme as belas fórmulas de Roche e em seguida se organizam de novo. O sistema de Andrômeda, porém, provàvelmente nem se dirige para a nossa direção. Êle se aproxima de nós de vez em quando, assim como Marte e Vênus em suas órbitas se aproximam de nós temporàriamente. Se sistemas cósmicos colidissem, não haveria universo. Um "mundo" como o da Via-Láctea hoje, no ano X da história universal só pode ser descoberto e admirado por nós se essas 1.000 milhões de vias-lácteas ou quanto mais sejam, se mantêm equilibradas, de acôrdo com fórmulas determinadas, assim como os planêtas do sistema solar. Seria mais razoável recear que uma môsca tsé-tsé do Congo nos infeccionasse com a moléstia do sono, numa varanda à beira do Lago de Zurique, do que contemplar com desconfiança uma ilha universal que se dirige para nós de uma distância de 720.000 anos-luz a 300 km/seg, ou se dirigiu para nós há 720.000 anos atrás.

Com o sistema Andrômeda, nosso "vizinho", e outra espiral que vemos na direção da constelação Triângulo, nossa Via-Láctea forma

um grupo, ao qual pertencem ainda mais 10 outras ilhas universais, como as duas Nuvens de Magalhães, as duas "Nuvens de Magalhães" do sistema Andrômeda e alguns pequenos sistemas numa distância de algumas centenas de milhares de anos-luz, descobertas por Shapley em 1938 e que, de acôrdo com as constelações em que se encontram, se denominam o sistema Fornaz e o Sculptor. Êsse grupo comprime-se no espaço relativamente estreito de um cubo, cujas arestas têm a extensão de 1 e meio milhão de anos-luz. Ao redor temos então pleno "vazio"; sòmente a um intervalo de 1 e meio milhão de anos-luz é que se chega à região de outros grupos. No Perseu vê-se um aglomerado de espirais cósmicas que possui 4 milhões de anos-luz de diâmetro; o maior aglomerado de mundos localiza-se a uma distância de mais ou menos 60 milhões de anos-luz e consiste em mais de 1.000 espirais cósmicas, que são comprimidas num espaço de 10 milhões de anos-luz de diâmetro. Assim sôbre o firmamento todo acham-se distribuídos mundos em grupos e separadamente. Se imaginarmos a atmosfera tôda quadriculada, sendo cada quadrícula uma janela do tamanho da lua cheia, veremos através de cada janela mil mundos. Existem chapas fotográficas que mostram mais de 10.000.

Infelizmente, devido às massas escuras, a que já nos referimos, que se encontram no plano do equador da Via-Láctea, a visão clara sôbre grande parte do espaço universal nos está vedada, de modo que não podemos indicar o número real de universos que se encontram na nossa área de pesquisa de 1.000 milhões de anos-luz de circunferência. Segundo os cálculos de Einstein o nosso universo teria um diâmetro de mais ou menos 7 a 8.000 milhões de anos-luz. Se o supuséssemos uniformemente povoado, êle deveria conter 1.000 milhões de vias-lácteas. Depois de escrevermos: 1.000 milhões de vias-lácteas, cada uma com 100.000 milhões de sóis e dêstes, digamos, cada trigésimo rodeado por planêtas povoados, só nos resta atirar a pena para um canto, abandonando o resto para que o leitor se arranje com êle.

2) A hipótese do universo em explosão

O feliz mortal, a quem o destino escolheu para, com o grande instrumento da Califórnia, dirigir a ofensiva contra o universo foi Hubble. Quando êle examinou os espectros dos sistemas cósmicos, verificou que 80 % dos mesmos apresentavam um desvio de riscas para o vermelho. Se explicarmos êste desvio como expressão do movimento, teríamos de dizer que 80 % dos sistemas cósmicos se afastam de nós. Isto, porém, foi apenas metade da descoberta. O desvio das riscas espectrais torna-se mais forte, quanto mais longínquo fôr o sistema. Isso seria dizer que as vias-lácteas se afastam tanto mais ràpidamente de nós, quanto mais longe estão, sendo que a sua velocidade aumenta de 170 km/seg a cada 1 milhão de anos-luz de distância. Os sistemas cósmicos mais próximos de nós movimentam-se a 250 km/seg, os dis-

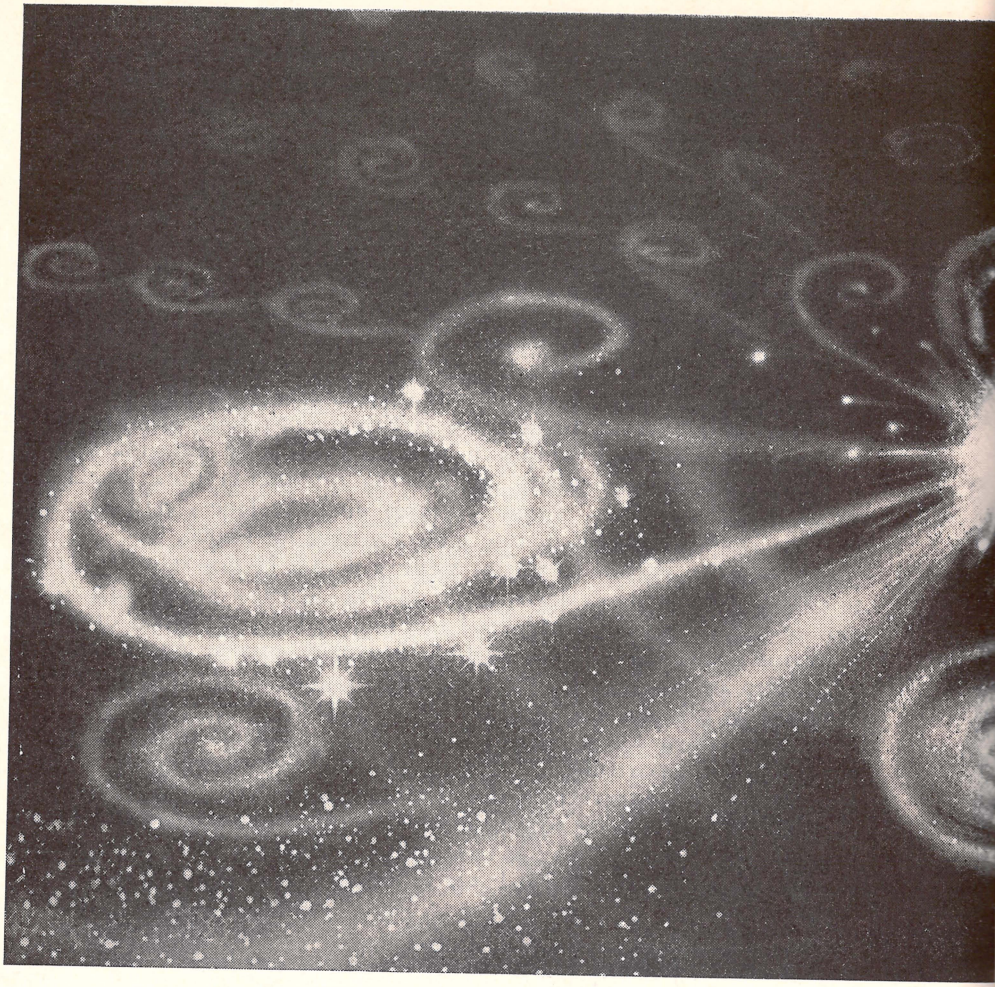
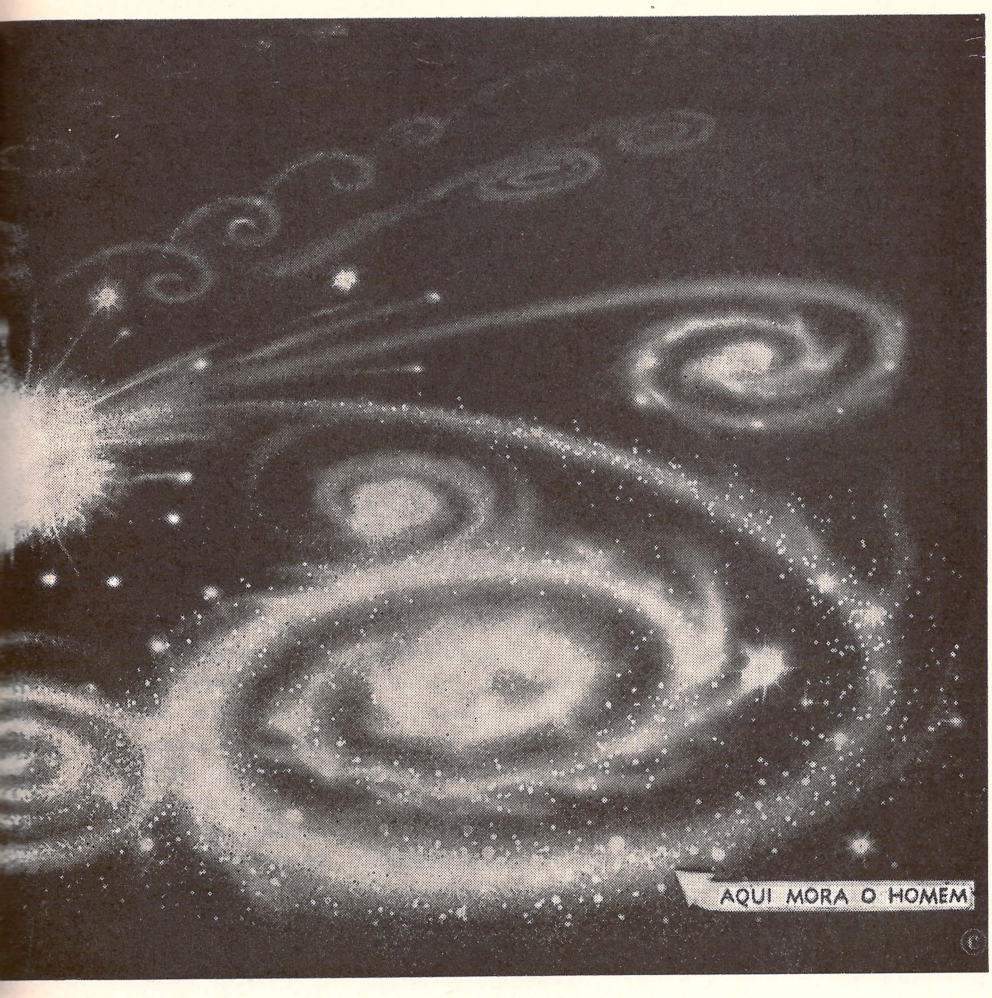


Fig. 37 — O UNIVERSO EM EXPLOSÃO, SEGUNDO A TEORIA DO ABADE

tantes 2 milhões de anos-luz a 420 km/seg, os de 3 milhões de anos-luz de distância a 600 km/seg. Com 10 milhões de anos-luz de distância a velocidade alcança 2.000, com 25 milhões sobe a 5.000, com 100 milhões vai a 20.000 km/seg. Os sistemas cósmicos mais longínquos em que até agora se pôde medir o desvio para o vermelho, estão a 150 milhões de anos-luz de distância de nós, assinalando um desvio de 40.000 km/seg, o que, arredondadamente, dá $^1/_7$ da velocidade da luz.

A ciência passa por duas fases: a primeira é a descoberta de uma realidade, a segunda é a explicação dela. Somos mestres em descobrir, e maus artífices para explicar o que descobrimos.



LEMAÎTRE (Belga).

Até hoje foram apresentadas duas hipóteses acêrca do desvio para o vermelho. A primeira pretende tratar-se de fenômeno de fadiga; a luz que percorreu essas vastíssimas distâncias e tempos — cem milhões de anos e mais — torna-se, quanto mais corre, mais fraca em energia, tornando-se as suas ondas gradativamente mais longas. Ou o desvio para o vermelho é provocado pelo movimento, sendo que quanto mais as vias-lácteas se afastam, mais rápido o movimento.

Os fundamentos para a primeira teoria são: o espaço universal não está vazio. Parte considerável da massa universal se encontra espalhada fora das estrêlas brilhantes, como "substância interestelar". Ela é

extremamente fina, mas 10.000.000 de anos constituem um tempo longo. Pode-se compreender que as oscilações passando por êsse espaço não vazio de todo sejam frenadas.

É certo que tão magra explicação não satisfaz a certas pessoas; assim em 1927, o abade belga Lemaître desenvolveu uma teoria fascinante: Quando as espirais cósmicas se movimentam com rapidez proporcional à sua distância, elas se comportam como estilhaços de uma granada. Nas explosões, as diferentes partes vão para o ar em diferentes velocidades. As que voam mais depressa estão a certo momento mais distantes. As mais vagarosas estão próximas do local da explosão. A nossa Via-Láctea é um fragmento de explosão mais vagaroso. Perto de nós se move o sistema de Andrômeda. Êle não vem na direção da nossa Via-Láctea, porém ambos se movem um ao lado do outro, e assim se aproximam (Fig. 37).

Das velocidades e distâncias dos fragmentos é possível calcular quando arrebentaram. Há 5.000 a 7.000 milhões de anos, visto que após 10.000 milhões de anos de separação, segundo a teoria, êles se terão distribuído uniformemente. A massa que, por esta explosão, espalhou as vias-lácteas, de acôrdo com os conceitos astronômicos, não teria sido demasiado grande. Uma "nuvem nuclear", constituída de prótons comprimidos, necessita apenas 10.000 anos-luz de diâmetro nas 3 dimensões do espaço, para prover de átomos a tôdas as espirais e massas interestelares.

Nos grandes núcleos atômicos de nosso mundo terrestre, como os do ferro e da platina, estão contidas imensas energias. As fôrças do atual mundo estelar de forma alguma são suficientes para soldar 56 ou 76 prótons em núcleos atômicos. O nosso mundo estelar de hoje deve ser o produto de um mundo primitivo em que temperaturas e pressões incomparàvelmente mais elevadas estiveram em ação.

A energia do nosso Sol (temperatura: 20 milhões de graus) basta para construir os núcleos dos pequenos elementos. Nos sóis mais quentes, como nos das formações globulares (temperatura: 100 milhões de graus), ainda se podem compor alguns núcleos maiores, mas para a formação de um núcleo de ferro exigem-se temperaturas de 8.000 milhões de graus, pressão de 7×10^{18} atmosferas e um material que seja 10 milhões de vêzes mais denso que a água. Deverá ter sido uma época em que, como diz a Bíblia, "viveu uma raça de gigantes como hoje não nos é dado ver"; em que, como se exprimem os gregos, agiam gigantes que não se submetiam às ordens dos deuses, mas queriam assaltar o céu e colocaram Pelion sôbre Ossa; em que existiu, segundo Lemaître, uma "nuvem nuclear", cuja temperatura e pressão atingiram tais valores que explodiu e, assim, criou o mundo. Êsse acontecimento deve ter-se dado, de acôrdo com os movimentos das espirais cósmicas, lá pelo ano de 5.741.934.608, antes da nossa era.

É compreensível que houvesse resistência contra a hipótese da "explosão do Universo". Os prudentes levantaram dúvidas, os trocistas riram e os inimigos da ciência indicaram triunfantes êsse mons-

trengo do intelecto como prova da absurdidade a que se chega, quando se confia na ciência. Mas, passaram-se 25 anos desde que Lemaître formulou sua idéia. Durante êsse tempo ela sòmente ganhou e nada perdeu pelo que se descobriu em matéria de estrêlas e átomos. A bomba atômica explodiu, como se fôsse descoberta ùnicamente para provar aos mais descrentes a energia dos núcleos atômicos. A massa nuclear que Lemaître faz explodir para servir de impulso inicial à fuga das vias-lácteas tornou-se um conceito de física. "Estrêlas novas" foram reconhecidas como explosões de sóis. E se explodem sóis isolados, por que não haveria de acontecer o mesmo com a massa primitiva das vias-lácteas? Eddington, um dos criadores da moderna astrofísica, educado como bom inglês, para a reflexão fria, fêz a seguinte confissão: "A teoria da explosão do universo é, sob muitos aspectos, tão monstruosa, que sentimos naturalmente, certas inibições para reconhecê-la como verdadeira. Ela contém elementos tão inacreditáveis, que fico indignado em saber que há quem acredite nela — com exceção de mim mesmo!"

3) A hipótese do universo em pulsação

O espaço é o campo da energia que se espalha com a velocidade da luz ao redor da energia-substância. Êle é, como se diz na pág. 22, curvilíneo. Uma curvatura pode ser positiva ou negativa. As positivas são curvas que se voltam para si mesmas, como o anel de chave, a argola, etc. As curvas negativas são como a dos grampos de cabelo; elas não se fecham. Se o espaço universal tivesse curvatura positiva, então o raio de luz que corre em "linha reta", como o aviador que voa "sempre em linha reta", voltaria do lado oposto do mundo ao ponto inicial (Fig. 38). Um homem que tivesse fôrça de visão e persistência de olhar até os "confins do mundo" ficando, pois, a olhar durante alguns milhões de anos, acabaria vendo o lado detrás de sua cabeça. Mas é que não existe ponto fixo neste mundo, nem paralisação de movimento seja do observador seja do objeto. Um "olhar para o infinito" é uma linha de nós e por isso a hipótese ilustrada na Fig. 38 das espirais cósmicas refletidas também deve ser considerada com cepticismo, pois se trata de uma simplificação muito humana do problema.

Outras interessantes reflexões sôbre o mundo do homem moderno são as seguintes:

Se alguém está debaixo de uma cúpula, cuja coberta seja uniformemente semeada de estrêlas, estas se comprimem tanto mais quanto mais afastada a referida abóbada. No espaço positivamente curvo, quanto mais longe o objeto, mais próximo um do outro para o nosso olhar. No espaço de curvatura negativa dá-se o contrário. Se estamos num vale e olhamos acima, as árvores quanto mais altas mais se separam. Como os intervalos se tornam maiores entre os sistemas universais,

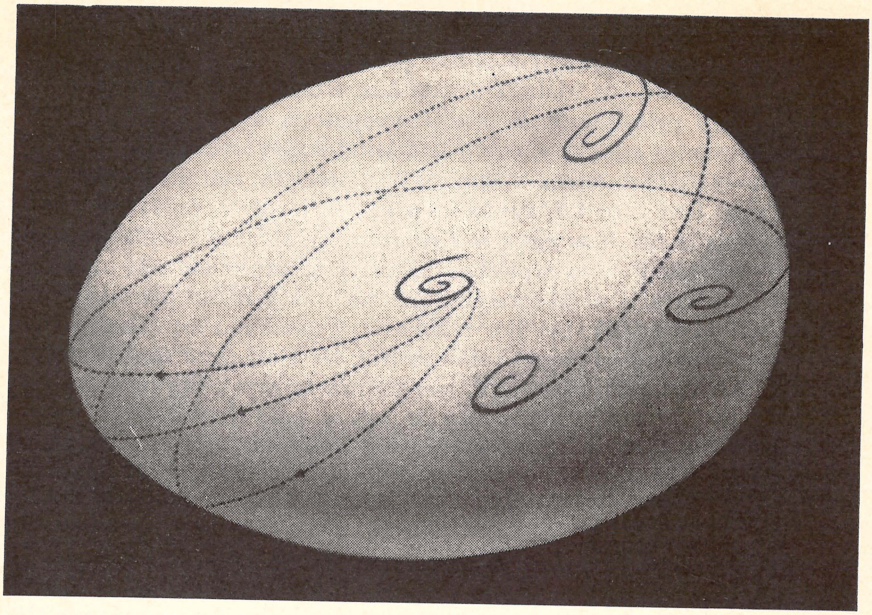


Fig. 38 — O UNIVERSO CURVO. Pela curvatura do espaço e a trajetória curva da luz é possível que vejamos uma espiral cósmica, que de fato só existe em um ponto (nesta figura no centro), mas que vemos em mais três outros lugares.

quanto mais se alcança com a vista as profundezas do espaço universal, poderia concluir-se que êste tem uma curvatura negativa.

Quando se formam massas, o espaço se distende. Quando se perde massa, êle encolhe. Há épocas em que as massas aumentam e o universo se distende, depois vêm tempos em que as constelações perdem massa pela radiação e os espaços se reduzem. O universo é, como o pressentiam os velhos místicos, um ser vivo. Êle respira. Atualmente êle se distende e isso 0,000.000.01 % por ano, isto é, em cada segundo, seu diâmetro cresce de 25.000.000 km. Há mil milhões de anos antes o universo só tinha a metade de seu tamanho. Em mil milhões de anos êle dobrará o tamanho. A fuga das ilhas universais é a expressão do crescimento.

A fim de se libertar de medidas humanas na aferição das grandezas astronômicas, introduziram-se medidas elementares. Segundo Eddington a quantidade mínima de espaço é a do eléctron. O diâmetro do eléctron, 2×10^{-13} cm, é o *comprimento elementar*. O acontecimento mais curto da "história universal" é a medição dêsse percurso com a velocidade da luz $= 2 \times 10^{-23}$ segundo $=$ *tempo elementar*. Para *massa elementar* o físico escocês Dirac emprega o pêso meson $= {}^{1}/_{10}$ próton. Para *temperatura elementar* êle indica a que foi

necessária para transformar mesons em prótons: $10^{12} = 1$ bilhão de graus.

Com êsses elementos Dirac desenvolveu a seguinte "história universal", que se desenrolaria de acôrdo com as fórmulas: No dia 1 o universo era um próton. Dêste desenvolveu-se um par: próton-nêutron e em tôrno dêste, com a velocidade da luz, espalhou-se um campo que é o espaço. Após 10 segundos o universo alcançou uma idade de 10^{24} tempos elementares e o raio universal cresceu para 10^{11} cm, adquirindo, portanto, aproximadamente a extensão do Sol. Nesse cosmos primitivo havia, em conseqüência das reações em cadeia, 10^{48} partes nucleares. Êstes pesavam 10^{24} g, portanto, mais ou menos o pêso da Lua. Mas nesse instante a matéria universal já se havia decomposto em $10^{12} = 1$ bilhão de partes, os embriões de futuras estrêlas. Cada um dêstes embriões estelares pesava 10^{9} kg. Os mesons viviam naquela época 10^{-17} segundo, os fótons que êles emitiam possuíam uma energia de 10^{12} eléctron-volts, o que corresponde mais ou menos aos dos raios Roentgen. Após 10^{36} tempos elementares, as estrêlas se distenderam em espirais e esboçaram-se os caminhos das vias-lácteas, onde elas se movimentam hoje em meio da evolução universal através do espaço crescente. Atualmente, o mundo astral possui um raio de 10^{40} comprimentos elementares. A sua existência, portanto, começou há 10^{40} tempos elementares — isto é, mais ou menos 7 mil milhões de anos. Da idade e extensão resulta um conteúdo de 10^{78} prótons. Se fizermos os cálculos de verificação, obteremos que a massa do universo, expressa em prótons, é o quadrado do tempo universal. A duração de vida dos mesons, porém, é ao contrário proporcional à raiz quadrada do tempo universal. Esta é a cabala do ano 1950.

Se quisermos exprimir em gramas a massa reunida do mundo astral teremos 10^{56} g. Nesta massa há uma energia de 5×10^{62} kWh. Arredondando, teremos que 96,5% dessa energia-substância constituem matéria e cêrca de 3,5% energia. Desta, 3% é movimento do espaço universal que se distende com a velocidade da luz, 0,4% é fôrça da gravidade. Sòmente 0,1% da energia universal irradia como calor, luz, radiação cósmica.

Pode-se confiar na cifra 10^{78} prótons para o conteúdo do universo, pois já Arquimedes a havia encontrado! Numa carta ao Rei Gelon dizia êle que com a matemática se poderia calcular o conteúdo do mundo. Por ordem do rei, cuja curiosidade despertara, pôs-se então a calcular e chegou ao resultado seguinte: 10^{63} grãos de areia. Um grão de areia pesa 10^{-8} g, que são 16^{16} prótons. $10^{63} \times 10^{16} = 10^{79}$ prótons! Não se deve perguntar por que meio chegou Arquimedes a êsse número. Deve-se admirar, e o melhor que se pode extrair desta história para a vida é que devemos nos libertar da idéia de que somos mais inteligentes do que os homens da Antiguidade, de qualquer antiguidade e de qualquer raça! Os inteligentes foram inteligentes em qualquer época, e os tolos não avançaram um ponto.

Um dia o universo, como todo "ser vivo", alcança o máximo de seu crescimento, e certo tempo depois o limite de sua vida. O jovem universo cresce, pois forma quantidade maior de massa do que perde por movimento, radiação e dispersão. Depois vem a época em que o acréscimo de massa se torna inferior à perda, invertendo-se assim o processo: o universo diminui. Os sistemas universais, que até agora se separavam, unem-se. Um observador, que naquela época futura se puser diante de um espectroscópio, registrará não como nós um desvio para o vermelho, mas sim para o violeta, pois os mundos caminham em sua direção. Porém, com a concentração, o universo ganha em energia. As temperaturas que atualmente descem, sobem; a matéria condensa-se e no fim retorna a nuvem nuclear, que se carrega até explodir, recomeçando então o jôgo. O universo pulsa como um coração, e como o coração humano que envia 10^{13} células sanguíneas, aquêle remete 10^{20} sóis para o espaço.

As fórmulas universais de Dirac baseiam-se na suposição de que o espaço tenha a curvatura positiva. Se fôr negativa não há inversão do movimento. O espaço de curva negativa só pode, segundo essas fórmulas, distender-se ou encolher-se. O nosso universo distende-se. Se o seu espaço se curva negativamente, não há retôrno. Não há perspectiva de regresso, após 36 mil milhões de anos, e de após a dispersão condensar-se uma nuvem nuclear, de explodir e de novo recomeçar essa "viagem" dos fragmentos que chamamos existência. Não há uma segunda vez. Pobre ser humano!

4) A hipótese do universo em renovação

A idéia da explosão do universo é brutal. Ela não satisfaz as nossas concepções da essência da natureza, pois a natureza, não tomando em conta as "tempestades", erupções vulcânicas, explosões estelares, se baseia na estabilidade. Admitindo mesmo que de vez em quando explodem nuvens nucleares, enviando vias-lácteas como fagulhas para o espaço, a hipótese de Lemaître não satisfaz como idéia fundamental do universo.

Quatro jovens matemáticos inglêses atacaram matemàticamente o problema das vias-lácteas que se afastam, e chegaram a conclusões interessantes que enriqueceram o conhecimento da vida das estrêlas, assim como das vias-lácteas, estabelecendo numerosos e atraentes pontos de vista sôbre o assunto. Também êles admitem que o movimento das vias-lácteas é real. As espirais cósmicas tendem a separar-se, e a sua velocidade está sempre aumentando até alcançar a da luz. De acôrdo com Einstein nenhum corpo pode alcançar a velocidade da luz, pois a sua massa tornar-se-á infinita. Quando as vias-lácteas tiverem atingido a velocidade da luz, dizem os britânicos, elas desapare-

cem. O que isto significa não os atormenta, nem a nós. O limite da física é atingido com a velocidade da luz, começando, então, o que está atrás da física — a metafísica. Com as vias-lácteas o universo perde massa. Essa perda causa a formação de novas massas. Na medida em que as vias-lácteas transbordam do universo, formam-se no interior dêle novas massas. O universo permanece equilibrado, desde que em cada decímetro cúbico de espaço se forme, em 500.000 anos, um novo eléctron. Espaço é o produto da matéria. O novo eléctron envia um "campo" com a velocidade da luz. Êsse "reforço" de espaço é que distende contìnuamente o universo e auxilia a impulsionar as vias-lácteas em direção aos limites dêle.

Nossa Via-Láctea, de acôrdo com os cálculos atuais, se movimenta com uma velocidade de 160 km/seg, ou o dôbro disso; impulsionando-se, portanto, bem calmamente de acôrdo com os conceitos cósmicos, e está longe ainda de atingir a velocidade da luz. Depois do arrepio que nos causou a hipótese da explosão do universo, esta idéia tem efeito tranqüilizador, e é com tôda a calma que aguardamos a próxima conjetura.

Capítulo X

AS UNIDADES DAS VIAS-LÁCTEAS: "SÓIS"

1) A idéia fundamental da pesquisa estelar moderna: a teoria das esferas de gás

A estrêla que nos fica mais próxima é o Sol. A mesma aparência teria a maioria dos pontos estelares, se pudéssemos observá-los de perto. "Perto" é um conceito relativo. São 150.000.000 km. Um bom avião levaria 25 anos para chegar ao Sol, mas em todo caso êle está 250.000 vêzes mais perto do que a estrêla mais próxima, à qual só chegaria daqui a 6 milhões de anos.

O Sol tem a aparência de disco, mas é uma esfera de 1.400.000 km de diâmetro. Isto é 100 vêzes mais do que o da Terra e mais que três vêzes a distância Terra-Lua, de modo que se pode colocar confortàvelmente no Sol a Terra e a órbita da Lua (Fig. 47). Assim como a Terra, êle se move de oeste para leste, como se percebe pelas manchas do Sol que aparecem na margem oeste, em 12 dias passam para a margem leste e em outros 12 dias voltam ao ponto inicial.

Conforme denunciam as riscas nìtidamente delimitadas do espectro, o Sol é uma esfera de gases incandescentes. As esferas de gás são objetos

ideais da ciência, pois os seus processos obedecem a leis simples. A "teoria das esferas de gás" é a primeira das duas diretrizes da pesquisa estelar moderna. A segunda é a teoria atômica. A descoberta da estrutura do átomo tem para a astronomia mais ou menos a mesma importância que a descoberta da célula em biologia. Os átomos são as células das estrêlas. Não foi pouca a surprêsa dos homens da época, quando em 1920 a ciência anunciou o conúbio "Estrêla e Átomo", mas daí por diante esta união tornou-se conceito sólido.

Segundo a teoria das esferas de gás, elas devem possuir determinada massa. Não existem esférulas de gás, pois quando não há massa suficiente, não há também atração suficiente para prender os átomos. Além disso uma esfera com pouca massa não conserva o calor. No seu interior, o Sol se aquece até 20.000.000°. Êle perde, porém, relativamente pouco calor, pois a radiação não pode escapar da grande esfera. No caminho para a periferia, os raios põem em movimento outros átomos e eléctrons, produzindo assim "radiação secundária". Esta espalha-se e, conforme a teoria, passam-se 10.000 anos até que essa radiação secundária atinja a superfície. Os raios que nos aquecem agora, partiram há 8 minutos da superfície do Sol. Para chegarem do centro até a superfície êles levaram 10.000 anos.

Devido a essa estagnação do calor, estabelece-se um limite para as esferas de gás. Quando uma dessas esferas se torna muito grande, a temperatura no seu interior eleva-se a um grau devastador. A radiação exerce uma pressão, que sobe com a temperatura na 4.ª potência; assim, duplicando, sobe a 2^4, 16 vêzes mais; com uma radiação 100 vêzes mais forte a 100^4, 100 milhões de vêzes mais. A 1.000 000° a radiação exerce pressão sôbre cada centímetro quadrado com um pêso de 10.000 kg. Se a pressão se torna mais forte que a gravidade, a estrêla explode. É assim que se explica o fato de se verem estrêlas explodir no espaço, porém nenhuma cuja massa ultrapasse a do Sol mais de 200 vêzes. Há estrêlas que possuem medidas gigantescas sem ter pêso gigantesco, pois os seus gases apresentam tão pouca densidade que mesmo o vácuo de uma lâmpada elétrica comparado com êles devia ser considerado como uma "sopa grossa". Cada esfera de gás aquece-se automàticamente. Atraídos pelo centro, os átomos dirigem-se para êle e aproximam-se uns dos outros. Desta forma se frenam. A pressão produz calor, êste radiação. Esta por sua vez produz novamente pressão em sentido contrário, de dentro para fora. A fim de que as esferas de gás, como as estrêlas, se movam durante milhões de anos no espaço frio do universo, as três medidas: massa, densidade e temperatura devem equilibrar-se. Uma esfera de gás com a extensão e massa do Sol, para se manter estável, necessitaria, segundo as fórmulas da teoria dos gases, ter em sua superfície uma temperatura de 5.712°. A sua verdadeira temperatura é de 5.830°! O mundo é como as fórmulas o exigem — quase não precisamos tirar os olhos do papel.

Quanto mais massa possui uma estrêla, maior a energia com que os átomos se precipitam, e tanto mais alto sobe a temperatura. Sírius possui duas vêzes e meia mais massa do que o Sol e tem um brilho 40 vêzes maior.

A estrêla Y na constelação do Cisne é 17 vêzes mais pesada e brilha 30.000 vêzes mais intensamente. Através da teoria das esferas de gás, a astrofísica tornou-se uma ciência. Da simples fabulação de "sóis incontáveis", "calor fantástico", etc. passou a dizer coisas concretas. É que não existem sóis incontáveis no sistema bem organizado das vias-lácteas. Não se fantasia mais acêrca de "trajeto estelar de trilhões de anos de duração", visto que as estrêlas não vivem trilhões de anos. Ninguém exagera mais a propósito de "calor fantástico", pois a temperatura no interior de uma esfera de gás só pode subir a valores determinados. Não se fala mais em "imenso sol primitivo", pois não pode haver esferas de gás imensas. As estrêlas também são regidas por leis rigorosas como os átomos, e o destino de umas é ligado ao de outras de modo inseparável. O astrofísico confia em suas fórmulas tão firmemente quanto o físico do átomo. O resultado de seus cálculos indica a realidade.

2) A fonte da energia solar: hélio dos prótons

O Sol é 1.300.000 vêzes maior do que a Terra, pesa entretanto sòmente 330.000 vêzes mais, sendo portanto de ¼ sua densidade. Em sua superfície os átomos estão distribuídos esparsamente; a meio caminho do centro é essa distribuição como na água e no centro torna-se 76 vêzes mais densa. Ali reina uma pressão de gás de 100.000 milhões de atmosferas e de acôrdo com isto uma temperatura de 20.000.000°. O globo terrestre recebe 0,000.000.000.000.5% da irradiação solar. Como a superfície da Terra recebe 1,3 kW por metro quadrado e minuto, o Sol deve irradiar em cada minuto 4×10^{23} kW.

A queda dos átomos não basta para fornecer esta energia. Hão de existir ainda outras fontes. Uma é o "aquecimento" do corpo solar pela invasão de corpos astrais. Mesmo que êste fôsse grande não bastaria para contínuos reaquecimentos. Haverá ainda outro material de aquecimento, um material interno. No século passado procurou-se saber inùtilmente em que consistiria o mesmo. Foi sòmente na época atômica que se pôde chegar a uma teoria do aquecimento do Sol, tão sedutora que encantou a todo o mundo, fazendo com que todos, pelo menos atualmente, acreditassem nela.

No calor da parte interior do Sol os átomos são núcleos desnudos (Fig. 14). O que existe em maior quantidade são núcleos constituídos por *um* próton, prótons, ao lado disso, em pequena quantidade, núcleos de outros átomos menores como carbônio C, oxigênio O, nitro-

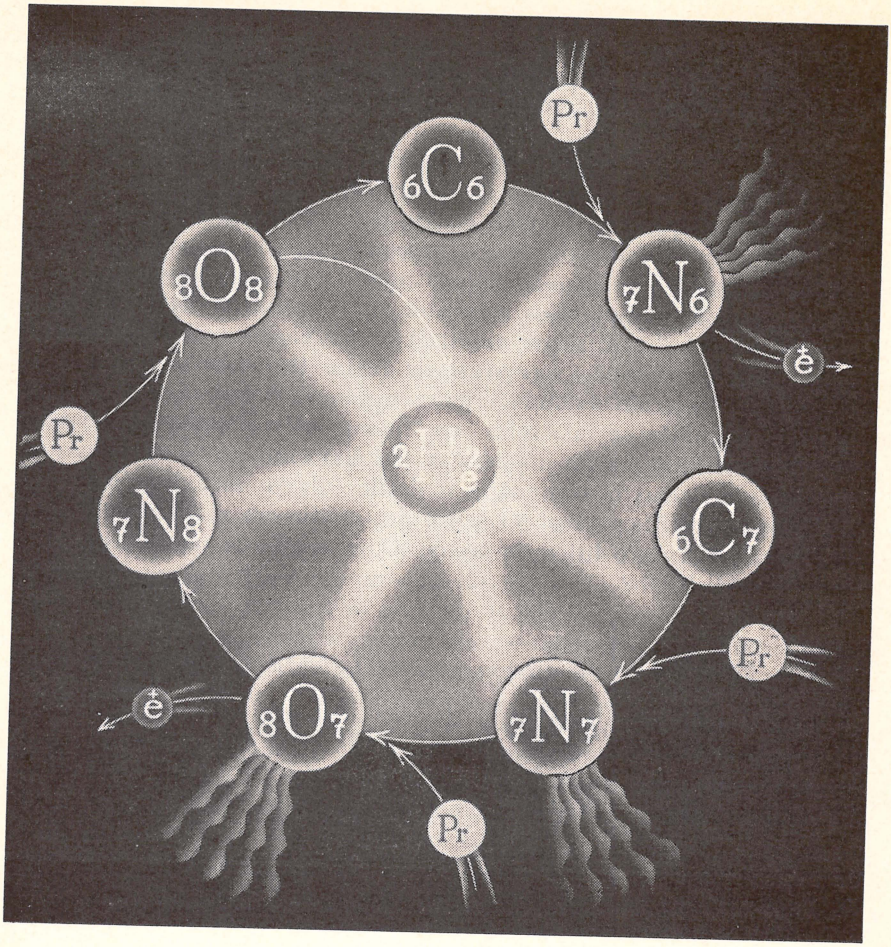


Fig. 39 — A FONTE DA ENERGIA SOLAR. De acôrdo com a conceituação moderna, o Sol obtém sua energia pela penetração de prótons nos átomos dos gases solares, que origina a produção do hélio, como resultado final de um processo multifásico que se estende por milhões de anos. "Teoria da Síntese do Hélio". Vejam-se maiores detalhes no texto.

gênio N. A probabilidade é que a uma temperatura de 20.000.000º arremessam-se prótons nos núcleos dêsses átomos, conforme o seguinte esquema (Fig. 39):

Depois de uma média de 2 ½ milhões de anos, o próton fere o núcleo de um átomo C. Êste contém 6 prótons e 6 nêutrons = 6 C 6 e transforma-se em conseqüência em 7 N6 nitrogênio, pois com o número de prótons altera-se o elemento. Mas êsse nitrogênio não é normal. Nitrogênio normal tem a fórmula 7 N 7. Os 6 nêutrons não podem reter os prótons. Um próton produz descarga elétrica, transformando-se

em nêutron. Com isso há uma perda de massa, liberta-se energia que se propaga como "ganho de energia", radiação. Um próton de menos e 1 nêutron a mais significa:

$$\begin{array}{r} 7\,N\,6 \\ -1+1 \\ \hline 6\,C\,7 \end{array}$$

O nitrogênio transforma-se em carbônio, mas não no carbônio normal 6 C 6, mas no "isótopo pesado" 6 C 7.

De acôrdo com a probabilidade, passam-se então 50.000 anos até que êsse núcleo do carbônio é ferido por um próton em movimento. 1 próton mais significa:

$$\begin{array}{r} 6\,C\,7 \\ +1 \\ \hline 7\,N\,7 \end{array}$$ nitrogênio normal.

Depois de uma média de 4.000.000 de anos é retido nesse núcleo o próximo próton

$$\begin{array}{r} 7\,N\,7 \\ +1 \\ \hline 8\,O\,7 \end{array}$$ oxigênio.

Os 8 prótons necessitam, porém, 8 nêutrons para serem retidos. E de novo um próton perde uma carga e se transforma num nêutron; novamente se liberta energia e se origina radiação.

$$\begin{array}{r} 8\,O\,7 \\ -1+1 \\ \hline 7\,N\,8 \end{array}$$

7 N 8, o isótopo pesado do nitrogênio, acolhe com relativa facilidade prótons errantes e conseqüentemente, já depois de 20 anos, em média, se transforma em:

$$\begin{array}{r} 7\,N\,8 \\ +1 \\ \hline 8\,O\,8 \end{array}$$ oxigênio.

A energia do próton que penetra faz com que o oxigênio desprenda uma parte de seu núcleo, isto é, o grupo 2 He 2", hélio:

$$\begin{array}{r} 8\;O\;8 \\ -2\;He\;2 \\ \hline 6\;C\;6 \end{array}$$

Com isto é restabelecido o núcleo do carbônio, com o qual o processo começou e pode desde já recomeçar.

Agora vem a interessante conta da "perda de embalagem". Os 4 prótons que penetraram pesam $4 \times 1{,}008 = 4{,}032$ unidades de massa (UM). O núcleo de hélio formado por êles pesa entretanto só 4,003

UM. Perderam-se 0,029 UM em cada radiação. Segundo a fórmula ... $E = m \times c^2$ corresponde a essa massa uma energia de 600 milhões de calorias, isto é, com a energia adquirida pela formação no Sol de *um* átomo hélio, poder-se-ia preparar um banho quente para cada habitante de uma cidade de 100.000 pessoas. Se o Sol realmente obtém sua energia através dessa "síntese do hélio", então em cada minuto 2×10^{40} prótons devem penetrar em núcleos atômicos e o Sol perde 240.000.000.000 kg de massa por minuto. Isto ao homem comum parece uma quantidade aterradora. Mas o Sol contém 2×10^{30} kg massa, e 100 anos de produção de hélio não lhe roubam mais do que ..... 0,000.000.441 %. Sòmente após 30 mil milhões de anos, os habitantes da Terra notariam o esfriamento do Sol. Todo o nosso mundo astral não é ainda e não se tornará tão velho.

Pela produção de hélio o caráter do Sol se modifica. O hélio serve de blindagem, visto que como um gás nobre não acolhe energia, impedindo a irradiação para fora. Sob o manto do hélio acumula-se o calor, o Sol fica mais quente. Com isso os movimentos dos núcleos atômicos se aceleram, e ao lado da síntese do hélio verificam-se outras reações nucleares que, por sua vez, novamente elevam a temperatura. É assim que a subida se efetua em espirais, e atualmente a tendência é acreditar que o Sol não esfria, mas está esquentando cada vez mais.

Lá pelo fim do século passado, o mundo parecia cansado de si próprio. Era o chamado "fin de siècle". Representavam-se no palco "O Pato Selvagem" de Ibsen e "A Dança Macabra" de Strindberg, lia-se "Almas Cansadas" de Arne Garborg; Brahms compunha a sua "Ouverture Trágica" e Mahler as suas "Canções das Crianças Mortas", enquanto Nietzsche, alienado, definhava na paisagem de Goethe. Em ciência falava-se na morte do mundo pelo calor, e no ocaso da humanidade sob os raios enfraquecidos do Sol que morria. Não são apenas a arte e a literatura produtos de uma época, mas também as ciências.

3) A vida movimentada da esfera solar

O instrumento principal usado atualmente na pesquisa do Sol é o aparelho espectral. Ninguém que não tenha participado dos trabalhos poderá fazer uma idéia do esfôrço e inteligência que foram e ainda estão sendo empregados no estudo do espectro solar. Quando o inglês Wollaston publicou em 1802 o primeiro trabalho sôbre o espectro do Sol, êle descreveu 7 riscas. 12 anos depois, Fraunhofer descreveu 567 com o auxílio de aparelhos por êle aperfeiçoados. Atualmente acham-se classificadas mais de 25.000, sendo que 3.300 destas na parte invisível do espectro.

O que domina na superfície do Sol é o elemento mais simples, o hidrogênio. Seguem-se, a distância bem grande, os outros. Para 100.000 átomos de hidrogênio há 1.000 átomos de hélio, 1.000 de oxigênio, 60 de magnésio, 25 de carbônio, 20 de silício, 15 de ferro, 15 de sódio, 6 de potássio, 5 de cálcio, 3 de alumínio e 1 de níquel. Os grandes

átomos radioativos faltam. Junto aos átomos livres encontram-se combinações simples, entre as quais algumas que já não existem na superfície da Terra: CN, CH, NH, OH, CaH. As moléculas não são abundantes; cada uma para 10.000 átomos.

A massa principal dos raios solares origina-se de uma camada que atinge 200 km de profundidade. Denomina-se essa camada esfera de luz ou fotosfera (Fig. 40). Ela aparece granulada nas ilustrações. Os grãos têm um diâmetro de mais ou menos 1.000 km, mas só se mantêm de 3 a 5 minutos, de sorte que o astrônomo Secchim que nos meados do século passado foi o líder dos pesquisadores do Sol comparou a fotosfera a uma sopa de arroz, cujos grãos (G) fervilham num fluido leitoso. Supõe-se que os grãos sejam as extremidades superiores de fontes gasosas que emergem da profundidade para se esfriarem, e regressam como as águas dos repuxos. A fotosfera é muito incandescente, mas é 200 vêzes mais rarefeita do que a nossa atmosfera, comparando-se, portanto, aos gases nos tubos néon.

Por cima da fotosfera está a alta cromosfera, "a colorida". Nela a pressão do gás ainda é mais leve, diminuindo exteriormente até um milionésimo da pressão atmosférica terrestre.

Sôbre a cromosfera há a camada externa mais rarefeita ainda, a corona, que se destaca da cromosfera pela sua luz branca. Ela atinge grande altitude, 500 vêzes mais alta do que a fotosfera. A altura de uma atmosfera depende de 3 valores: pêso dos átomos, a gravidade que a atrai para baixo, e o calor que a impele para cima contra a atração. Da conduta dos átomos deduz-se que a corona deve ter uma temperatura de vários milhões de graus, quase mil vêzes mais alta que a da camada imediatamente inferior. A nossa tendência seria declarar isso impossível se as fórmulas não exigissem que acreditássemos em sua precisão. Em primeiro lugar, o espectroscópio revela que os átomos e os eléctrons se movimentam a 10.000 km/seg, o que corresponde a uma temperatura de 1.000.000°. Essa extraordinária circunstância de que bem acima do Sol, em cuja superfície só reina uma temperatura de 6.000°, se encontre uma camada que é extremamente tênue, mas tem uma temperatura muito acima de 1.000.000°, encontrou sua confirmação em outro fato surpreendente, isto é, que nessa camada se agitam átomos de ferro e de níquel, a que faltam 14 e 15 eléctrons. Para arrancar 14 eléctrons de um átomo de ferro são necessárias fôrças tremendas, o que confirma essas elevadas temperaturas.

Além disso, a corona é o único local em que vemos brilhar a matéria com temperaturas acima de um milhão de graus, pois mesmo nas estrêlas mais quentes as superfícies só apresentam uma temperatura de milhares de graus. O que faz na corona elevar-se tão singularmente a temperatura ainda não está muito claro. Diz-se atualmente que por cima das manchas do Sol, que são crateras da superfície, se levantam fortes campos magnéticos que põem os átomos em movimento cada vez mais rápido, à maneira dos "cíclotrons" (ver pág. 50).

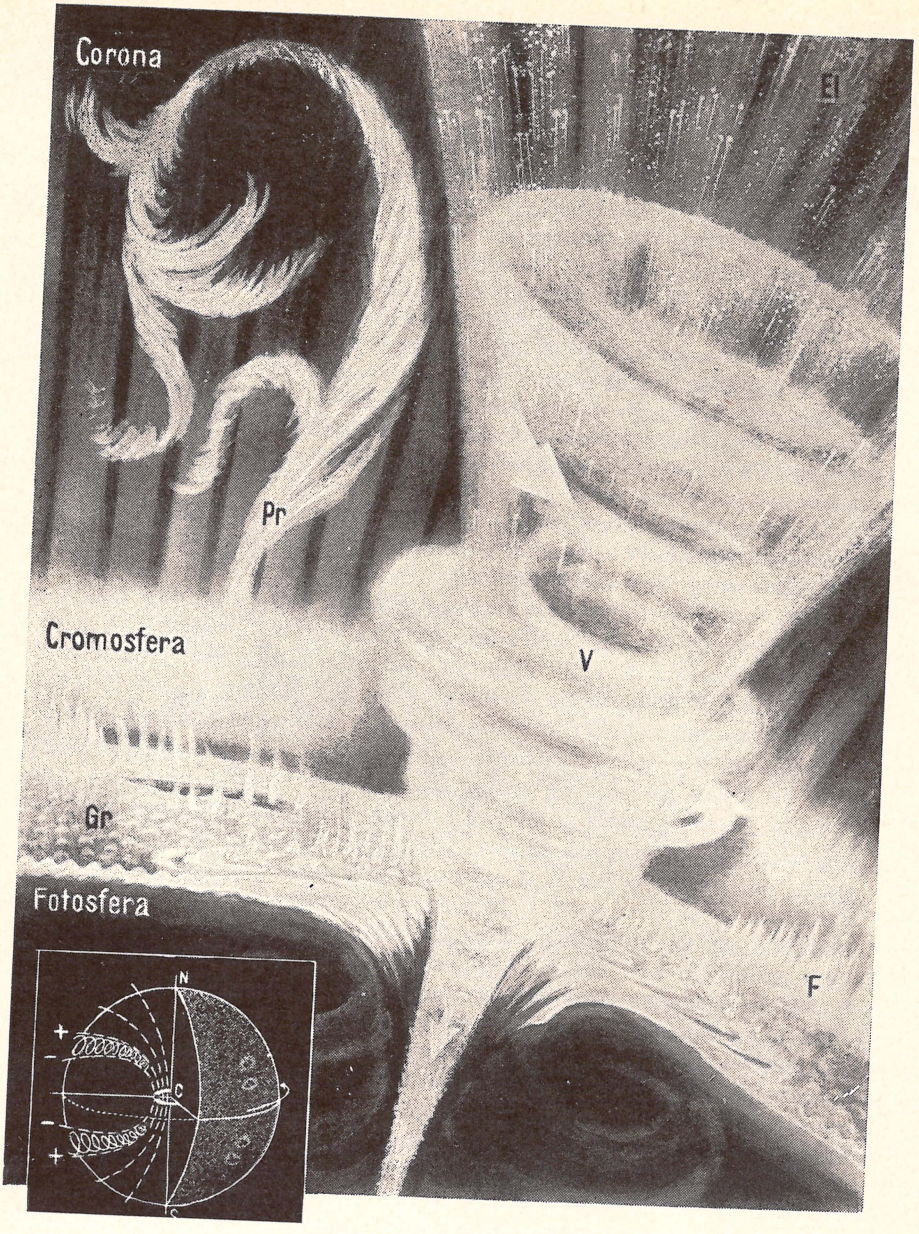


Fig. 40 — A VIDA NA SUPERFÍCIE DO SOL é movimentada e rica de enigmas. As irrupções do interior dela aparecem sob a forma de manchas solares, em séries que obedecem a leis e seguem determinadas "estradas". São ciclones. Ao lado dêles surgem altas "protuberâncias" e "fachos" baixos. O corpo solar ferve como uma sopa de arroz, de grãos tão grandes como planêtas. As camadas externas são o palco de numerosos fenómenos electromagnéticos desconhecidos ainda.

Manchas do Sol são erupções "vulcânicas" de camadas mais profundas que, vistas da Terra, dão a impressão de manchas. É fácil imaginar que erupções vistas mesmo a ôlho nu numa distância de 150.000.000 km não são de pequenas dimensões. Às vêzes tornam-se tão vastas que cobrem $^1/_{10}$ do disco solar. O que são, ainda não o sabemos. Mas ao homem não lhe faltam teorias. A última provém de astrônomos suecos e está esboçada à esquerda, em baixo na Fig. 40. O foco da mancha solar está no centro da esfera solar C. Nesse lugar desenvolve-se uma perturbação magnética em forma de "ímã com forma de ferradura". Esta perturbação transfere-se no plano do equador para a superfície. Os pólos magnéticos se repelem e recuam para os pólos da esfera solar, de modo que ao irromperem na superfície nunca aparecem no equador e sim — o que é característico das manchas solares — mais ou menos na altura dos 30 graus de latitude. A ruptura do "pólo magnético" surge aos nossos olhos como "mancha solar". Se as manchas se mostram aos pares — metade direita da esfera solar (Fig. 40) — uma corresponde ao "pólo" negativo e a outra ao positivo.

As manchas aparecem contìnuamente, porém em intervalos de 11 anos o seu número diminui e aumenta, de sorte que se fala numa atividade das manchas solares em períodos de 11 anos. Mais exatamente dever-se-ia falar em períodos de 23 anos, pois o comportamento magnético de um período é contrário ao das manchas do seguinte. Sòmente após decorridos dois períodos dêsses é que se volta ao estado primitivo. No transcurso do período, a frente das manchas dirige-se para o equador. Começam a irromper a 15° de latitude; no meio do período a 10°. Depois, o período termina antes que a frente das manchas atinja o Equador. Antes que uma mancha irrompa, a zona em que isso se verifica irradia com mais intensidade e aparecem "chamas", protuberâncias em que gases incandescentes, na maioria vapores de cálcio, se levantam com velocidade crescente até uma altura de 1.000.000 km, onde se mantêm durante semanas (Pr.). Próximo dêles, sucedem-se erupções menores, como se se levantassem pesadas vagas de gases incandescentes para, minutos depois, caírem novamente. Depois disso, verifica-se a erupção. Na camada fervilhante do Sol abre-se uma cratera. Ela nos parece escura, porque brilha mais fracamente do que a sua vizinhança. Dessa cratera elevam-se num redemoinho gases em brasa, ricos em ferro e níquel, espalhando-se de forma que no centro da cratera se forma um vácuo (V). Neste flui hidrogênio que vem das camadas mais altas.

Com a erupção da mancha aparecem campos fortemente magnéticos, o que se reconhece pelo fendimento das riscas espectrais. Em conseqüência dessa agitação vibra todo o campo magnético que rodeia o Sol e no qual circulam os planêtas. Quando aparecem manchas no Sol, as agulhas magnéticas tremem aqui na Terra. A recepção no rádio e a telefonia são perturbadas, as aves de arribação e os pombos correios, guiados por sensações magnéticas, se extraviam. Mas das profundezas da cratera solar são atirados "canhoneios" de eléctrons, que se

projetam sôbre o nosso globo quando a Terra passa pela zona de operações. Êles chegam 30 horas após as perturbações magnéticas. Como elas seguem as linhas de fôrça do campo magnético, os eléctrons se dirigem para os pólos. Por cima dêstes, êles agitam os átomos das camadas mais altas da atmosfera, ionizam-nas e estas, então, iluminam-se — são as auroras boreais. A esta camada ionizada da atmosfera se denomina ionosfera. Nela se quebram, como num espelho, as ondas curtas das nossas radioemissoras (Fig. 95). Pela agitação deforma-se o "espelho da ionosfera", obtendo-se, então, em vez de tonalidades puras, tonalidades perturbadas por "interferências", que nos fazem doer os ouvidos. O nosso cérebro também fica "irritado" de modo indubitável, mas isto está pouco esclarecido. O humor do homem sofre com êsses fenômenos; êle fica excitado e a emissão e a recepção entre os indivíduos é tão perturbada quanto entre as estações de rádio. A inquietação no Sol significa mais discórdia na Terra, — como se para isso fôsse necessário um estímulo do Sol!

Capítulo XI

AS ESTRÊLAS

1) Pequenas esferas de gás a grandes distâncias

Ao observar o céu estrelado, está-se sujeito a duas ilusões ópticas. Em primeiro lugar, acredita-se ver uma infinidade de estrêlas. Mesmo no firmamento "estrelado" só se vêem alguns milhares. Em segundo lugar, pensa-se que as grandes são grandes e as pequenas, pequenas. A maior delas, porém, Sírius, brilha de maneira tão clara apenas porque é a mais próxima no céu ao norte e se acha numa distância de "sòmente" 8 anos-luz de nós. Deneb, na constelação do Cisne, parece muito mais fraca. É, entretanto, muito mais brilhante; a sua luz requer 400 anos para nos alcançar. O astrônomo se subtrai a essa ilusão. Êle coloca, para seu cálculo, tôdas as estrêlas a uma distância de 33 anos-luz, e então compara a claridade com que as diferentes estrêlas brilhariam a essa distância. Deneb seria tão clara quanto Vênus, e Sírius tão fraca quanto Deneb. O nosso Sol seria visto apenas como um pontinho. Mesmo no mundo das estrêlas há uma grande diferença entre aparência e realidade.

O instrumento mais importante na pesquisa das estrêlas é o espectroscópio, que fornece os espectrogramas. Êstes são classificados de acôrdo com um esquema esboçado em 1880 pelo astrônomo americano Draper. Êle designa as classes pelo alfabeto; mais tarde foi preciso

várias vêzes modificar o esquema e da série lógica produziu-se a seqüência irregular de letras: O B A F G K M R N S. É fácil recordar essa seqüência, se nos servimos da frase, já clássica entre os anglo-saxônicos: O Be A Fine Girl, Kiss Me Right Now, Sweety.

Cada classe é dividida em 10 subclasses, de 0 a 9, portanto B 0, B 1, B 2... B 9, de modo que se possui um fichário de 100 repartições em que cada estrêla da abóbada celeste fica em seu lugar. Se uma estrêla tem a designação M 6 ela se configura tão claramente ao astrônomo como ao zoólogo um animal, quando se diz: *Hydra viridis.*

A primeira coisa que o espectro revela até mesmo ao olhar apressado é a temperatura, e por isso a série de O a S constitui uma graduação de temperatura. Quanto mais quente uma estrêla, mais eléctrons abandonam o átomo, tanto mais simples êste se torna e mais simples e pobre de riscas se torna o espectro.

As lacunas escuras de Fraunhofer denunciam que determinada oscilação foi "engolida" por um gás mais frio. Quanto mais densa a atmosfera de uma estrêla, mais elevado se torna o número de lacunas e mais rico em sombras o espectro. A temperatura da superfície iluminada é de, arredondadamente, 50.000° nas estrêlas quentes e nas mais frias que enviam ainda luz suficiente para que as possamos ver, 2.000°. O nosso Sol com temperatura média de 6.000° é uma estrêla da classe G ou K.

Pelo intervalo das riscas — Escala de Balmer — conhece-se o comprimento dos saltos realizados pelos eléctrons e através dêste comprimento o estado e a estrutura do átomo, no qual os saltos se processam. Em tôdas as estrêlas são os mesmos átomos que emitem oscilações, predominando de tal maneira os primeiros dois elementos hidrogênio e hélio, que se podem definir as estrêlas como sendo esferas de gás, cuja matéria se encontra 85 % na condição mais simples do primeiro átomo de prótons-hidrogênio e 15 % na segunda fase do hélio. É fácil notar: As estrêlas compõem-se de H + He.

A quantidade de matéria de que se compõem as estrêlas não varia muito, de forma que se tem a impressão de que elas se comparem a gotas de chuva e se tenham formado como "gotas do universo", conforme já foram certa vez denominadas por Klopstock. A massa de mais que 90% varia no máximo no décuplo para mais ou para menos em relação à do Sol. Variações maiores, até 30 vêzes a massa do Sol, são raras e as que alcançam 100 vêzes constituem exemplos extremos. Ao se descobrir uma estrêla com a massa 1.000 vêzes maior do que a do Sol, surgiu a convicção de que não se tratava de uma esfera de gás. O exame posterior determinou que nesse longínquo ponto de luz se ocultava um sistema de nada menos que 4 estrêlas.

Deve-se notar que se as massas são semelhantes, as medidas são diferentes. A quantidade mais ou menos igual de matéria pode ser condensada ao máximo, ou rarefeita ao ponto de quase desaparecer, de um extremo ao outro. Comparemos com as bôlhas de sabão. Elas tôdas contêm mais ou menos a mesma quantidade de água de sabão. Esta

pode ficar condensada no estado de gôta, ou soprada até o tamanho de uma cabeça humana sempre com a mesma massa. As grandes estrêlas se denominam "gigantes" e mesmo "super-gigantes"; as pequenas são chamadas "anãs" e há até "subanãs" que são maiores do que a Terra — sempre com a mesma massa! A supergigante Antares possui um diâmetro de 6.500.000.000 km, é portanto relativamente maior do que representado na Fig. 41. O Sol perde-se dentro dela como um grão de sêmola numa bola de futebol. Como as superfícies grandes aparecem claras, as estrêlas gigantes espalham o seu brilho a imensas distâncias pelo espaço e por isso não nos devemos admirar que quase tôdas as grandes estrêlas da nossa abóbada celeste como Antares, Aldebarã, Rigel e Betelgeuze, Arcturo e Capela pertençam à classe dos gigantes, ao passo que não se reconhecem as anãs devido à sua pequena superfície, embora possuam a mesma massa e seu brilho, na maioria, seja muito mais forte. O número dessas anãs, difíceis e até impossíveis de descobrir, deve ser grande. Na região mais próxima de nós, até 16 anos-luz de distância, volteiam 50 estrêlas. Destas, 6 são anãs, isto é, 10%. Como elas contêm a mesma massa que as maiores, a sua matéria é muito densa. O satélite de Sírius é apenas 15 vêzes maior, mas 330.000 vêzes mais pesado do que a Terra. Sua matéria é 20.000 vêzes mais densa do que aço de armadura. Nêle uma agulha de coser pesa tanto que seria preciso um guindaste para levantá-la. Ai da costureirinha!

2) As relações recíprocas das esferas de gás: estrêlas isoladas, estrêlas duplas e aglomerados de estrêlas

"Pequenas esferas de gás a grandes intervalos" — as distâncias entre as esferas de gás em relação ao seu tamanho são monstruosas! A luz atravessa a esfera solar num segundo. A estrêla mais próxima está a 4 ½ anos-luz de distância. Imagine-se um jôgo de futebol: Os jogadores, os assistentes — uns dos outros separados "a 1.000 km, esta é a estrutura de uma espiral de estrêlas em que estas se agrupam densamente" num redemoinho!

Olhemos agora para a nossa "vizinhança mais próxima", no pequeno círculo da Fig. 31. Êste tem um diâmetro de 10.000 anos-luz. Isto é demais para a nossa consideração. Assim, olhemos apenas para o ponto branco em seu centro. O que é que está contido neste ponto? Primeiro a nossa distância do Sol — 150.000.000 km. Depois 250.000 vêzes mais longe a estrêla mais próxima, a Alfa do Centauro, que só é vista na parte sul do firmamento. A estrêla mais próxima no céu do norte está a 6 anos-luz de distância na constelação Baleia. Trata-se de uma estrêla dupla, mas irreconhecível a ôlho nu, pois uma envia a $^1/_{40.000}$ parte da luz solar e a outra a $^1/_{60.000}$. A estrêla seguinte, reconhecível a ôlho nu, no céu do norte, é Sírius, a 8,6 anos-luz de distância. Depois vêm estrêlas maiores, como Prócion com 11, Altair

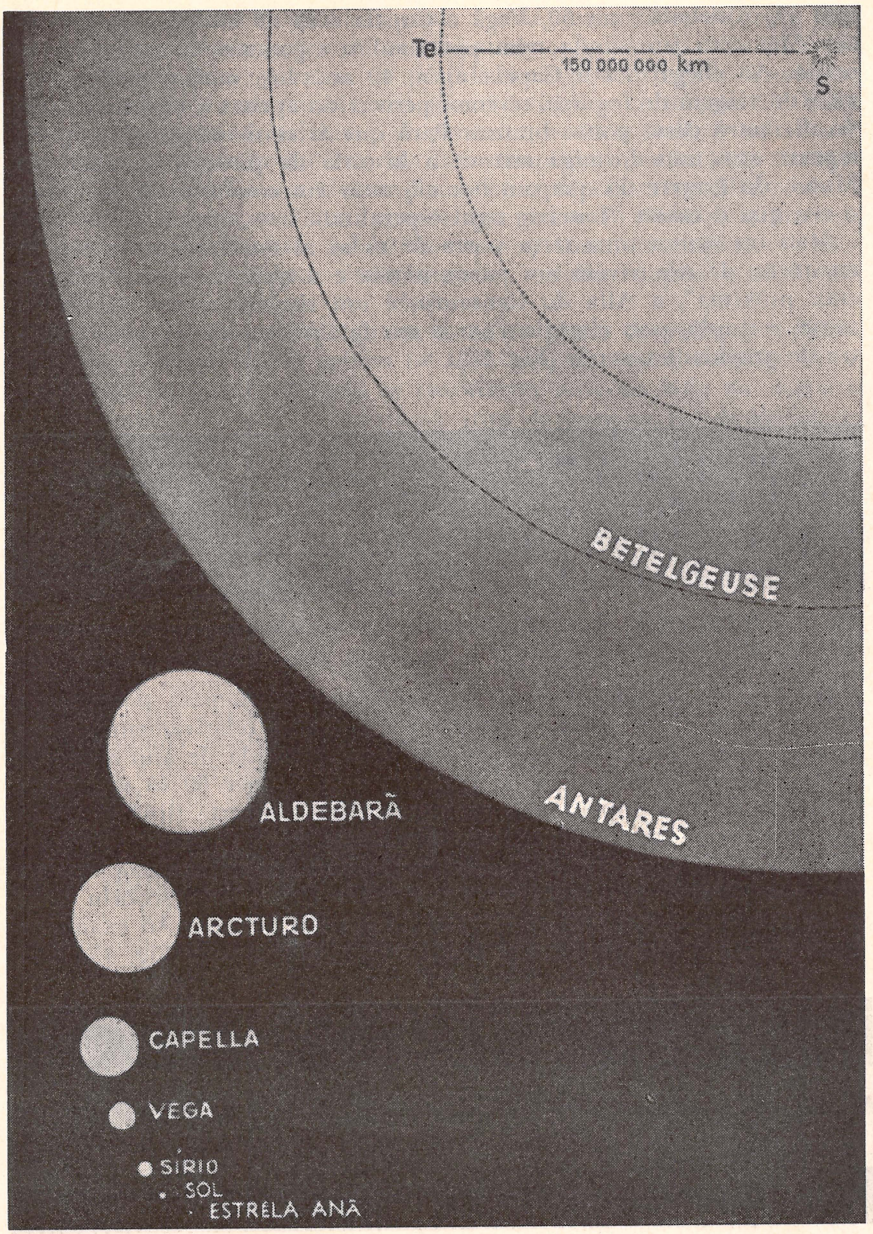


Fig. 41 — A ESCALA DAS GRANDEZAS DAS ESTRÊLAS. A grandeza das estrêlas varia desde as estrêlas anãs, que em parte não são maiores do que a nossa Lua, até as estrêlas gigantes, entre as quais Antares é 1 milhão de vêzes maior do que o nosso Sol que figura entre as estrêlas anãs.

com 16, Aldebarã com 30, Vega e Capela com 40 anos-luz de distância. Mas com isto ainda nem por sombra esgotamos o conteúdo do ponto. Ao chegarmos a Capela após, 40 anos-luz, muitos milhões de anos de viagem de foguete, teremos percorrido apenas a vigésima parte do diâmetro dêsse ponto branco. Para que falar mais? Antes se pode esperar que uma formiga escreva a história da pintura no chão do Museu do Louvre do que um homem estar em condições de conceber o céu que o cobre. "Lasciate ogni esperanza!..."

Mais ou menos uma têrça parte de tôdas as estrêlas que se acham em tôrno de nós vivem aos pares, a três e a quatro. Nossa "vizinha mais próxima", a Alfa do Centauro, é um sistema triplo. Sírius, ao norte, é dupla, pois ela gira com o seu satélite em tôrno de um centro de gravidade comum (Fig. 25).

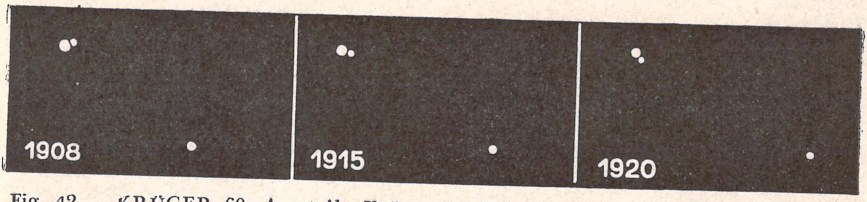


Fig. 42 — KRÜGER 60. A estrêla Krüger 60 é circundada por uma estrêla menor, com velocidade incomum, em 50 anos.

Na Fig. 42 vemos a famosa estrêla Krüger 60, famosa porque nas fotografias se vêem ambas as estrêlas e a mudança relativamente muito rápida da posição do satélite pode ser acompanhada de ano a ano.

Observações como as que se realizam com Krüger 60 só se podem fazer nas estrêlas duplas mais próximas. Além de certa distância, elas não se separam nem nos melhores telescópios. Mas o homem é arguto. Quando Pickering, em 1889, realizou pesquisas espectroscópicas na muito conhecida estrêla Mizar na Grande Ursa, êle descobriu uma coisa notável: O espectro se turvava de vez em quando. Ao examinar bem, verificou que as riscas se fendiam periòdicamente (Fig. 43). Das

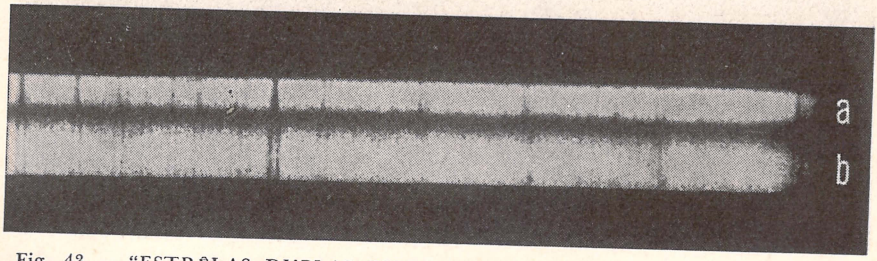


Fig. 43 — "ESTRÊLAS DUPLAS ESPECTROSCÓPICAS" são estrêlas duplas que, devido à distância em que se acham, aparecem no telescópio sòmente como pontos. Mas a duplicação (b) temporária das riscas do espectro denuncia que há duas estrêlas a circularem uma em tôrno da outra.

riscas até aí nítidas surgiram durante 5 dias novas séries de riscas que passavam para o vermelho. Ficavam paradas alguns dias, davam volta e regressavam para as riscas de partida, mas pouco depois apareciam do lado oposto e durante cinco dias corriam para o violeta. Tôda descoberta requer duas coisas. A primeira e mais fácil, é achar um fato novo. A segunda é diante do fato descoberto pensar algo sensato. Pickering extraiu de sua observação a conseqüência certa: Mizar não é uma estrêla simples, mas sim dois sóis, que giram em tôrno de si mesmos em períodos de 20 dias. As estrêlas que se mostram duplas sòmente através do espectroscópio denominam-se "estrêlas duplas espectroscópicas".

Se as duas companheiras giram no nosso plano de visão, perceberemos que às vêzes elas se acham uma ao lado da outra, e outras vêzes uma atrás da outra. Quando se encontram uma ao lado da outra a luz de ambas se soma, quando uma atrás da outra a luz de ambas se subtrai. Por conseguinte a intensidade da luz alterna: A estrêla não é apenas uma estrêla dupla, como também é mutável ou, como se diz melhor, uma "Estrêla variável". A estrêla variável mais conhecida é Algol, em Perseus. Al é artigo; gol significa demônio e tem a mesma origem etimológica que gol em Golem (*). Ao que parece os árabes conheciam a sua mutabilidade. 2 dias, 20 horas, 49 minutos "o demônio" é de 2.ª grandeza. No decorrer de 5 horas sua intensidade de luz diminui até 3,5 e nas seguintes 5 horas sobe novamente para a intensidade normal.

Algol é um exemplo-padrão do trabalho metódico e da eficiência da astronomia moderna. O sistema está a 80 anos-luz de distância. Como êle é de grandeza 2,3 quanto à claridade, deve irradiar 60 vêzes mais luz do que o Sol. Tendo a estrêla principal, conforme indica a sua classe espectral, uma temperatura de 12.000°, êle deve possuir um diâmetro de 4.000.000 km, sendo notàvelmente maior do que o nosso Sol. O satélite é mais ou menos do tamanho dêste, com um diâmetro de quase 5.000.000 km. O espectro do satélite é um espectro solar: portanto, cinqüenta por cento menos quente que a estrêla principal e nos parece mais escuro que esta. A estrêla principal pesa ½, o satélite ¼ do que pesa o Sol. Êles giram num intervalo de distância de 5.180.000 km em tôrno de um centro de gravitação, que a estrêla grande circunda a 42 km/seg, a menor a 98 km/seg. Como o acompanhante não apresenta claridade regular em todos os seus pontos, supõe-se que êle esteja voltado para a estrêla principal sempre com a mesma face, percorrendo "fases" como a nossa Lua. Na posição lateral, êle parece crescente. As 10 horas escuras de Algol são aquelas em que o acompanhante mais escuro passa diante do seu disco. Vivemos, pois, uma espécie de eclipse do Sol. Mas haveria um terceiro corpo, pois ambas as estrêlas em 1,9 anos realizam um movimento circular. O filho de

(*) Homem artificial, espécie de precursor de Frankenstein, segundo a lenda, feito no século XVI por um rabino em Praga.

Charles Darwin, George Darwin, ocupou-se dos sistemas triplos, chegando ao resultado de que quando em tôrno de duas estrêlas gira uma terceira, esta tem de estar a uma distância do centro comum no mínimo cinco vêzes maior do que o intervalo entre as duas estrêlas internas. Êste terceiro corpo, portanto, deve ser procurado sòmente entre 25 e 35 milhões de quilômetros de distância. Isto parece um conto de fadas científico acêrca de um objeto que se move a 80 anos-luz de nós e do qual o olhar humano nada percebe a não ser um ponto. Na Fig. 30 está representado como se observam as diversas fases no período de rotação de uma estrêla dupla espectroscópica. Evidentemente não se trata de uma leitura apressada como aqui no livro. São necessárias cuidadosas observações que duram anos para se decifrar o telegrama espectroscópico que nos vem do céu, podendo-se então fornecer dados sôbre uma "personalidade" astral como acabamos de fazer sôbre Algol.

Como é que as estrêlas duplas se formam não sabemos. Não constituem exceções, pois mais ou menos 30 % das estrêlas são sistemas duplos. Naturalmente não são estrêlas que se encontraram no espaço, pois as estrêlas não se encontram. Também não são antigas, como deveriam ser segundo esta teoria, mas tem-se antes a impressão de que começam a existir como estrêlas duplas. No caos fervilhante da nebulosa de Órion estão 12 estrêlas; 11 destas são duplas e triplas. As estrêlas duplas também não são "gêmeas", pois é freqüente notar-se a sua diferença de côr. Algumas são conhecidas pelo seu "esplendor colorido" uma é amarela, a outra vermelha, uma é verde a outra azul. Estrêlas são gotas do universo, são os átomos que se juntam em ligações, ao passo que estrêlas duplas e sistemas triplos são moléculas nos grandes cristais estelares das vias-lácteas. Isto é, entretanto, apenas uma metáfora, mas até hoje não podemos adiantar mais do que isso acêrca das charadas que constituem as estrêlas duplas.

3) A natureza das estrêlas: esferas de gás que revelam uma vida agitada

As estrêlas que modificam a sua intensidade de luz são conhecidas pelo nome de estrêlas variáveis. Algol, que muda a sua intensidade de luz cobrindo-se periòdicamente por um satélite escuro, é — como se denomina hoje de modo monstruoso — "coberto-variável". Um nome normal seria "estrêla eclíptica", pois eclipse significa "obscurecimento por cobertura". Mas eclipse é apenas uma das causas da variação de intensidade da luz, a única até hoje bem conhecida. Tôdas as outras categorias até hoje não se acham esclarecidas. As estrêlas variáveis são as luzes que piscam como faróis, cujas mensagens através do espaço permanecem ainda desconhecidas para nós.

O Sol é uma estrêla clara em sua superfície e ocasionalmente se obscurece pelo aparecimento de manchas. Outras estrêlas podem ser

escuras e se tornarem mais claras pela irrupção de massas quentes. Em 1600, o abade frísio Fabricius viu uma estrêla tornar-se mais brilhante por curto tempo, denominando-a Mira Cetus ou a estrêla Maravilhosa na Baleia. Por ela se denomina uma classe inteira de estrêlas que clareiam a longos e irregulares intervalos — são as estrêlas Mira. São sempre "Gigantes Vermelhos", portanto estrêlas frias. Se não fôssem gigantes, não seria possível vê-las, pois são esferas de gás de brilho fraco e de baixa temperatura. O espectroscópio revela que, ao se tornarem mais claras, jorram gases quentes do seu interior. Como êsse fenômeno se manifesta periòdicamente, fala-se em "estrêlas pulsantes".

No ano de 1913 Miss Leavitt, americana, conseguiu fazer não só uma descoberta astronômica importante, como também realizou um grande trabalho de raciocínio. Ela descobriu na menor das Nuvens de Magalhães as "Cefeidas". São assim chamadas segundo uma estrêla em Cepheus, e estas estrêlas intensificam a sua luz em períodos rigorosamente observados. Miss Leavitt então raciocinou do seguinte modo: A pequena Nuvem de Magalhães está a 72.000 anos-luz de distância. Isto é um afastamento tão imenso, que se pode dizer, sem êrro, que tôdas as Cefeidas dessa nuvem estão a igual distância. Como se conhece a distância, pode-se, pela sua claridade, determinar a intensidade absoluta de seu brilho. Esta deve ser muito forte, porque de outra forma não se reconheceriam estrêlas tão afastadas. Ao registrar claridade e alternação de luz, Miss Leavitt chegou à seguinte descoberta, tão importante para a ciência: "A oscilação da luz está em proporção direta à extensão do período". Uma Cefeida que resplandece em intervalos de 1 dia torna-se 100 vêzes mais clara; a que rebrilha em intervalos de 10 dias 1.000 vêzes, e Cefeidas de períodos de 100 dias tornam-se 10.000 vêzes mais claras. Com o auxílio desta regra interessante, mas absolutamente não esclarecida, calcula-se a distância a que se acha uma Cefeida que brilha em qualquer parte pela comparação com as das Nuvens de Magalhães. A determinação paraláctica de distâncias não vai muito longe, no máximo umas duas centenas de anos-luz. Nas Cefeidas, entretanto, elas podem ser calculadas até o alcance da luz da estrêla. Diga-me a que intervalos de tempo você resplandece e eu lhe direi a que distância você se encontra. As Cefeidas tornaram-se os marcos miliários do universo.

Não se sabe porque é que uma classe inteira de estrêlas espalhadas rebrilha com a pontualidade com que aparecem os apóstolos do relógio de Estrasburgo, e mais fortemente quanto mais longas as pausas. O espectro indica que massas gasosas se aproximam e se afastam. Atualmente acredita-se que as esferas de gás se enchem, estouram, desvendam o seu núcleo e tornam a envolver-se em gases que brilham mais fracamente. Outras teorias se referem à possibilidade de elas estarem em rápido movimento de rotação, apresentando-se bojudas no Equador. Aparentam possuir um "colarinho" ou até anéis como os de Saturno, e, devido à sua posição oblíqua, ora mostram a borda estreita do anel, ora a brilhante superfície do mesmo. Ou ainda: Trata-se das esferas de

gás que se acham em vias de se tornarem estrêlas duplas, possuindo a forma de halteres. Êstes giram e nos mostram alternadamente o seu lado largo ou estreito.

"Cinzenta é tôda teoria, amigo
"E verde a árvore de ouro da vida"

— o mundo "vive"! As estrêlas nêle pulsam e mesmo nas imensidades do espaço encontra-se o coração que bate, símbolo do amor.

4) Novas estrêlas: comunicações feitas acêrca do nascimento e morte no universo

Quando Tycho Brahe saiu de casa numa noite de novembro de 1572, viu no céu uma estrêla clara que não havia notado antes. Era evidentemente uma nova estrêla, pois brilhava mais do que Sírius. Na noite seguinte o seu brilho era mais forte e superou mesmo o de Vênus no seu máximo esplendor, de modo que no dia seguinte a distinguiu à luz do Sol. Depois disso, o brilho empalideceu e quase um ano depois só se percebia uma estrelinha.

As novas estrêlas que surgem no espaço denominam-se Novae, embora não sejam novas e sim estrêlas que sùbitamente começam a brilhar muito. Há duas espécies: as Novae e as Super-Novae. As Novae são fracas e freqüentes, as Super-Novae são fortes e raras. As Novae são encontradas todos os meses desde que se começou a fotografar todos os pontos do céu cada 48 horas, pesquisando-se recentemente as fotografias automàticamente por meio de tubos electrônicos. Uma estrelinha de grandeza 19 aumenta repentinamente para 13 — é uma Nova. É raro uma estrêla dessas ser vista a ôlho nu. Em 1918, 1934, 1943 apareceram Novae que alegraram a vista por curto tempo, e isto porque tais estrêlas empalidecem logo. Em geral a sua luz vai aumentando durante 50 horas para o máximo, diminuindo em seguida, tornando-se bruxuleante aos poucos, até que após alguns meses, se não desaparece, alcança certa tranqüilidade. Em muitas estrêlas, êste jôgo se repete. Surgem estrêlas que já foram registradas como Novae há 30 ou 80 anos. Uma delas é tão agitada que em 60 anos já ressurgiu 400 vêzes com o seu rebrilho súbito.

O espectro revela que das Novae, assim como das estrêlas variáveis, desprendem-se gases que se dirigem com grande velocidade para nós. A temperatura na superfície da estrêla aumenta muito, os eléctrons deixam as camadas dos átomos e o espectro desbota. Telegramas do universo com enderêço apagado: é uma Nova. Os gases desprendidos espalham-se para todos os lados no espaço e, enquanto quentes, podem ser observados nos espectrogramas durante anos por meio de novos métodos. O que faz as estrêlas desprenderem gases de repente ainda não sabemos. Que as esferas de gás incandescentes com temperatura de

muitos milhões de graus no seu interior o façam não se admira, mas sôbre os detalhes que dizem respeito ao fenômeno ainda não há esclarecimento.

As Super-Novae são incomparàvelmente mais raras que as Novae. Aquelas são, ao que parece, verdadeiras explosões de estrêlas, bombas atômicas do universo. A esfera de gás explode. Isto é naturalmente um fenômeno bem diverso do que se verifica nas Novae. Uma estrêla que explode, rebrilha tão súbita e intensamente que se têm fotografado Super-Novae em outras vias-lácteas, ùltimamente, numa espiral cósmica à distância de 4.000.000 anos-luz, e em 20 de março de 1950 uma a 50.000.000 anos-luz. Imagine-se o que isto significa. Nós aqui na Terra vivemos um acontecimento que para os participantes do mesmo se verificou há 50.000.000 anos. Há 50.000.000 de anos viveram, digamos "homens", uma terrível catástrofe natural. Os que foram atingidos por ela pereceram. Mas os seus "vizinhos" cósmicos "viveram-na" do mesmo modo por que narramos o Dilúvio ou inflamamos a nossa fantasia na destruição de Pompéia. Gerações inteiras devem ter estado sob a impressão daquela medonha catástrofe, falando-se de geração em geração a respeito dela, assim como os gregos da guerra de Tróia. Escreviam-se poemas épicos e a sorte dos que desapareceram era lastimada através de peças teatrais. Depois, a história, como sempre, passou para diante. 50 milhões de anos — ninguém fala, ninguém sabe mais nada a respeito disso, assim como nós não nos lembramos da época glacial. Aqui em baixo na Terra, porém, um astrônomo exaltado abre a porta diante de seus colegas que saltam das cadeiras,exclamando: esta noite uma Super-Nova!

Uma Super-Nova visível a ôlho nu como a que foi percebida por Tycho é observada sòmente numa média de cada 200 anos. Depois de Tycho, o seu discípulo Kepler é que viu outra em 1604. Depois disso não apareceu mais nenhuma. Pelo ano 1000 os chineses viram também uma dessas estrêlas que para nós é interessante, pois até hoje podemos observar o seu destino. Quando os gases se desprendem para todos os lados oriundos do foco da explosão, êles formam uma bola que se vai tornando cada vez maior. A massa dessa bola se rarefaz cada vez mais e só se torna conhecida, afinal, pelas margens, no ponto em que o olhar cruza a periferia. Ela aparece como um "anel". A nebulosa em forma de anel na Lira, em cujo centro flameja uma estrêla muito quente é, provàvelmente, uma dessas nuvens de gás em fuga (Fig. 44). Partindo da rapidez com que os gases se distanciam, pode calcular-se quando se verificou a explosão. Na constelação do Touro há uma nebulosa, que devido à sua forma se denomina "Camarão". Ela está a 4.100 anos-luz de distância, os seus gases se expandem a 1.300 km por segundo, tendo-se originado, portanto, há 800 até 900 anos. É, sem dúvida, a Super-Nova de 1045.

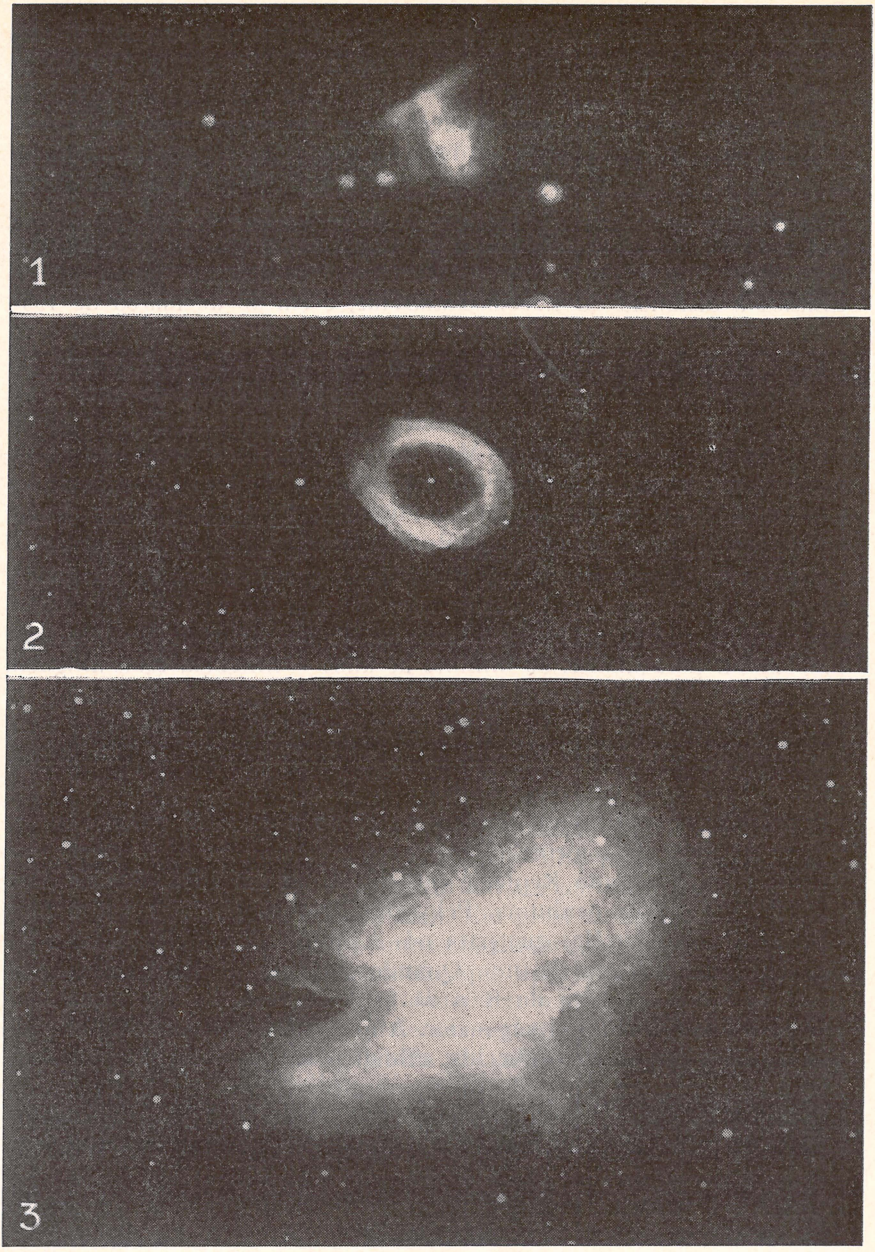


Fig. 44 — DESTINO DE UMA ESTRÊLA EXPLODIDA: DA NOVA À NEBULOSA. Supõe-se que das estrêlas explodidas (1) se forma em mais ou menos 15.000 anos uma nebulosa em forma de anel (2) que se dilata até chegar a ser, após aproximadamente 150.000 anos, uma nebulosa difusa (3).

As energias irradiadas por uma Super-Nova são tremendas, superando tudo que os cientistas há cem anos seriam capazes de imaginar. Um astrônomo que em 1890 pretendesse apresentar as verdades geralmente aceitas hoje para uma assembléia de estudiosos, seria espiritualmente linchado, de acôrdo com o temperamento pacífico dos astrônomos, com tumultos, risadas e a sinêta do presidente a tocar. Uma Super-Nova, nas poucas horas de sua explosão, envia mais raios do que o nosso Sol em milhões de anos. Nós que consideramos a explosão de alguns quilogramas de urânio como o maior acontecimento da Terra, no campo da energia, contemplando-a com mêdo e respeito, podemos fazer idéia do que significa a explosão de uma esfera na qual estão alguns bilhões de quilogramas de matéria explosiva e que deflagram em forma de reação em cadeia. A nebulosa no Touro até hoje brilha tão fortemente, após quase mil anos, que o radiotelescópio voltado em sua direção registra ondas curtas vindas dali, mais fortes do que quaisquer outras. No interior do "Camarão", como se fôsse o seu coração, paira um "anão branco" que parece ser o núcleo restante da explosão. Enquanto o nosso Sol possui uma temperatura de 6.000º na sua superfície, "o seu termômetro" vai a 500.000º. Isto é uma Super-Nova após a explosão!

5) O movimento das estrêlas

Um turbilhão de estrêlas como a Via-Láctea só pode existir quando as estrêlas giram nêle. Algumas espirais de estrêlas aparentam com certeza rodopiar para fora como anticiclones, dispersando-se. É naturalmente muito mais fácil estabelecer êsse movimento em outros sistemas que podemos ver de longe e por fora do que no nosso próprio, pois nos encontramos cá em baixo no "rebuliço" das estrêlas e não conseguimos ver além do pequeno círculo que na Fig. 31 circunda a nossa Terra — Tellus! Por enquanto só podemos dizer que tôdas as estrêlas se deslocam. É difícil dizer em que direção, pois não só elas mas nós também nos movimentamos no espaço tridimensional. Lembremos o que foi dito no início dêste livro, e o que se acha ilustrado na Fig. 3 — não há ponto fixo no universo. Por isso mesmo não tem muito sentido descrever êsses movimentos ou indicá-los "corretamente". Sírius, Vega, Altair, Deneb e Arcturo aproximam-se de nós; Rigel, Betelgeuze, Aldebarã afastam-se com velocidade entre 5 e 55 km/seg. As estrêlas da grande Ursa separam-se, bem como as Híades, e em um milhão de anos no céu não haverá mais Órion, sob cujo cinto cintila a grande nebulosa. A imagem do céu modifica-se em cada 10.000 anos.

Se as estrêlas executam movimentos laterais, pode-se observar a mudança de suas posições imediatamente, naturalmente melhor nas que

ficam mais próximas. Na Fig. 45 vê-se a "Corredora de Bernard" que em 200 anos caminha uma distância correspondente à largura do disco da Lua. Outras tomam mais tempo. Arcturo também se desloca no plano de visão, e em 700 anos terá caminhado uma extensão igual à largura da Lua, e Prócion em 1.000.

São de especial interêsse os movimentos das estrêlas que formam grupos como as Plêiades ou Híades. Dos seus movimentos podem-se calcular onde estavam antes e há quanto tempo estão "em caminho". Nenhum grupo pode ser mais velho do que uns 6.000 milhões de anos. E assim de tôda parte do Cosmo parece que ouvimos: êste mundo de estrêlas que você encara como o seu "Universo" tem 6.000 milhões de anos de idade, sendo 1 milhão de anos mais velho do que os seus antepassados o consideraram.

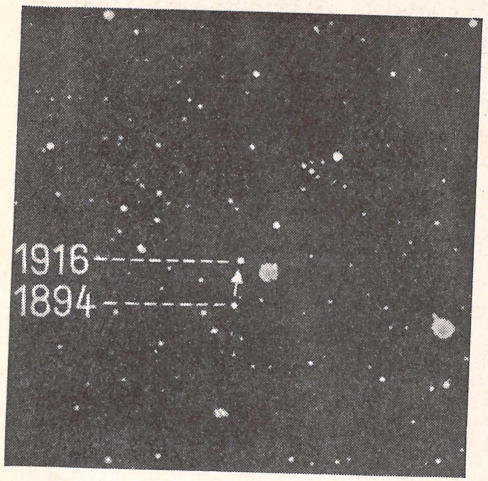


Fig. 45 — AS ESTRÊLAS NÃO SÃO ESTRÊLAS FIXAS. Tôdas as estrêlas mudam de lugar, mas nenhuma delas o faz tão ràpidamente quanto a chamada "Corredora de Bernard", que diante dos olhos dos astrônomos se desloca de 10 em 10 anos.

Sem dúvida, a nossa imaginação se sente despertada e quer saber de onde vêm as estrêlas e para onde vão, se há relações entre o tipo da estrêla e o seu movimento, se, por exemplo, os gigantes vermelhos ou as anãs brancas se acham distribuídas segundo um princípio reconhecível. Que as estrêlas se achem distribuídas sem regra, parece improvável. Estudar a distribuição e o movimento das estrêlas é aparentemente o caminho pelo qual se torna possível uma aproximação aos problemas centrais da astronomia: como se forma uma via-láctea? Qual é o princípio que regula a formação, distribuição e movimentação das estrêlas? Qual é a duração da vida de uma estrêla?

O que sabemos hoje acêrca da distribuição das estrêlas é possível definir numa meia dúzia de frases. As estrêlas nem são espalhadas sem regras e nem com ordem, elas estão misturadas. Essas misturas variam nas diferentes partes da Via-Láctea. Na parte interna há muitos gigantes vermelhos e anãs frias, muitas estrêlas variáveis e a maioria das formações globulares; nas espirais externas reinam as estrêlas do tipo

do nosso Sol, bem como gigantes quentes e anãs quentes. As Cefeidas, que rebrilham fracamente em períodos curtos acham-se no centro, as que têm períodos longos e rebrilham fortemente estão nos domínios externos do sistema. Isso são afirmações estabelecidas pela estatística astral. Empreender algo com essas cifras — ninguém até hoje conseguiu. Conforme se diz dos soldados, que cada um carrega o bastão de marechal em sua mochila, assim também cada cabeça inteligente, seja astrônomo ou não, está intitulada a presentear o mundo com uma idéia criadora de uma teoria da estrutura da Via-Láctea.

6) A vida das estrêlas

Agora fazemos algo bem humano: Escrevemos acêrca de uma coisa sôbre a qual nada sabemos, nem sequer sabemos se existe, isto é, a história da vida de uma estrêla. Ninguém consegue fugir à maneira de pensar de seu tempo. Atualmente estamos fascinados pela idéia da evolução que nos foi ensinada por Kant e Laplace, Herder e Goethe, Lamarck e Darwin e que nos mantém presos há 200 anos pelos grandiosos resultados obtidos por êsses homens na compreensão do universo. Mas é mais do que duvidoso que se deva empregar o raciocínio da história evolutiva ao mundo das estrêlas. As estrêlas não são sêres vivos e sim esferas de gás, e se seguirmos as idéias dos astrônomos, físicos e matemáticos modernos procurando descrever o "curso de vida de uma estrêla", não se deve pensar numa vida como a do inseto, mas antes no destino de uma gôta que se condensa do vapor da água, transformando-se em pingo de chuva, granizo ou floco de neve, cristalizando-se e regressando depois ao estado primitivo de água ou de vapor. Na Fig. 46 há uma série de ilustrações da "vida das estrêlas", mas não se trata de biografia e sim de instantâneos do álbum da família "Estrêla". No centro explode uma Super-Nova. Se é real, como acreditam alguns físicos, que as estrêlas que explodem fornecem material ao universo é questão ociosa. Em todo caso são locais em que se desintegra matéria e onde os raios se podem condensar novamente, formando matéria.

Os gases em fuga formam provàvelmente as nuvens escuras que cercam as vias-lácteas e se constituem essencialmente de núcleos dos átomos mais simples, prótons que também bombardeiam o globo terrestre como radiação cósmica. Como a Via-Láctea é um turbilhão — fabulam os "criadores do mundo" de 1950 — também êsses prótons são apanhados pelo movimento giratório geral. Êles absorvem cada vez mais novos prótons até que se criam discos de gases que giram como carrosséis. Se êstes alcançam a espessura de 10 anos-luz e um diâmetro de 60.000 anos-luz, a fôrça de atração faz-se sentir. Os átomos imigram para o centro comum, o disco arredonda-se em forma de bola (2). Os átomos que se impelem para o centro frenam-se, produzindo calor (3). Quando a massa de gás se condensa para um milionésimo, a sua temperatura se eleva no centro para um milhão de graus. Agora, os

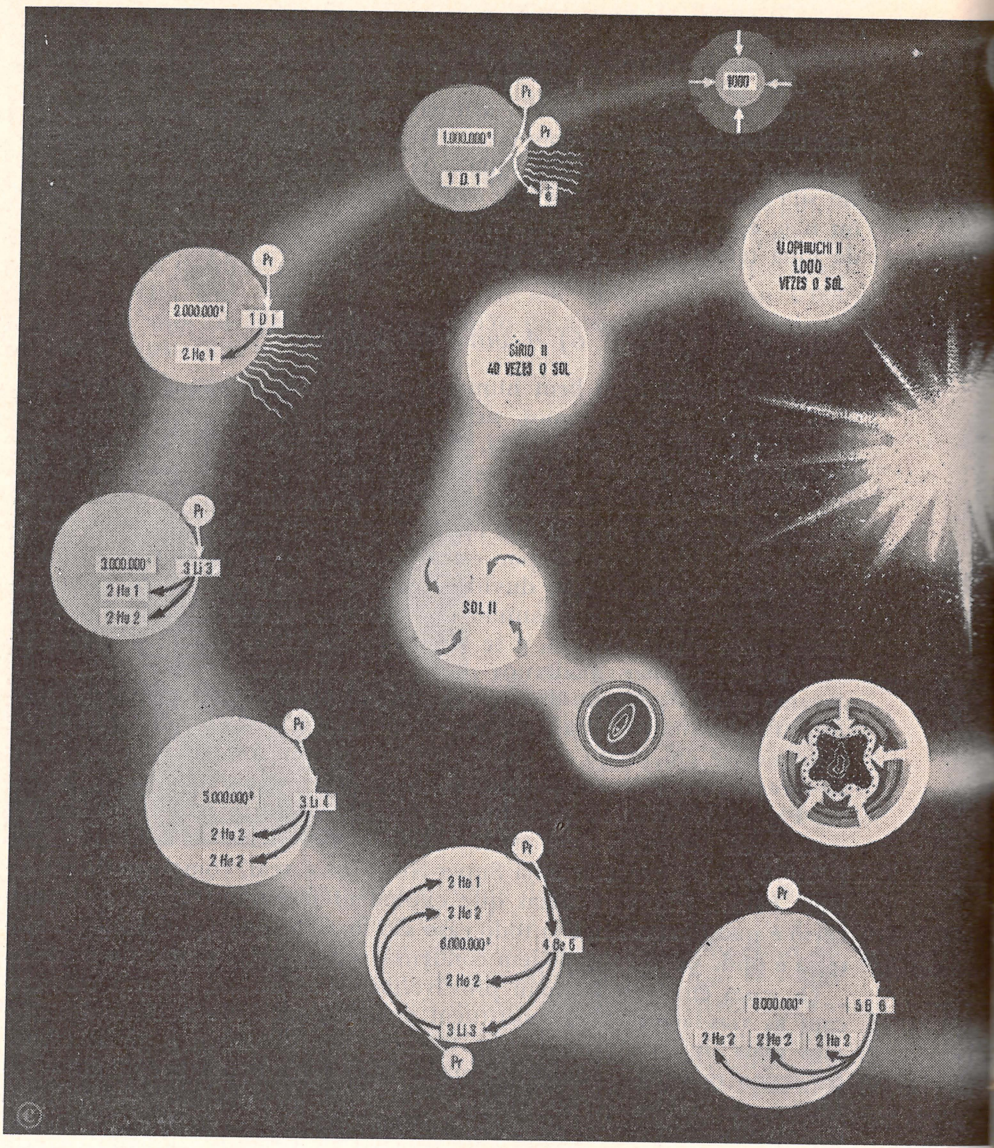
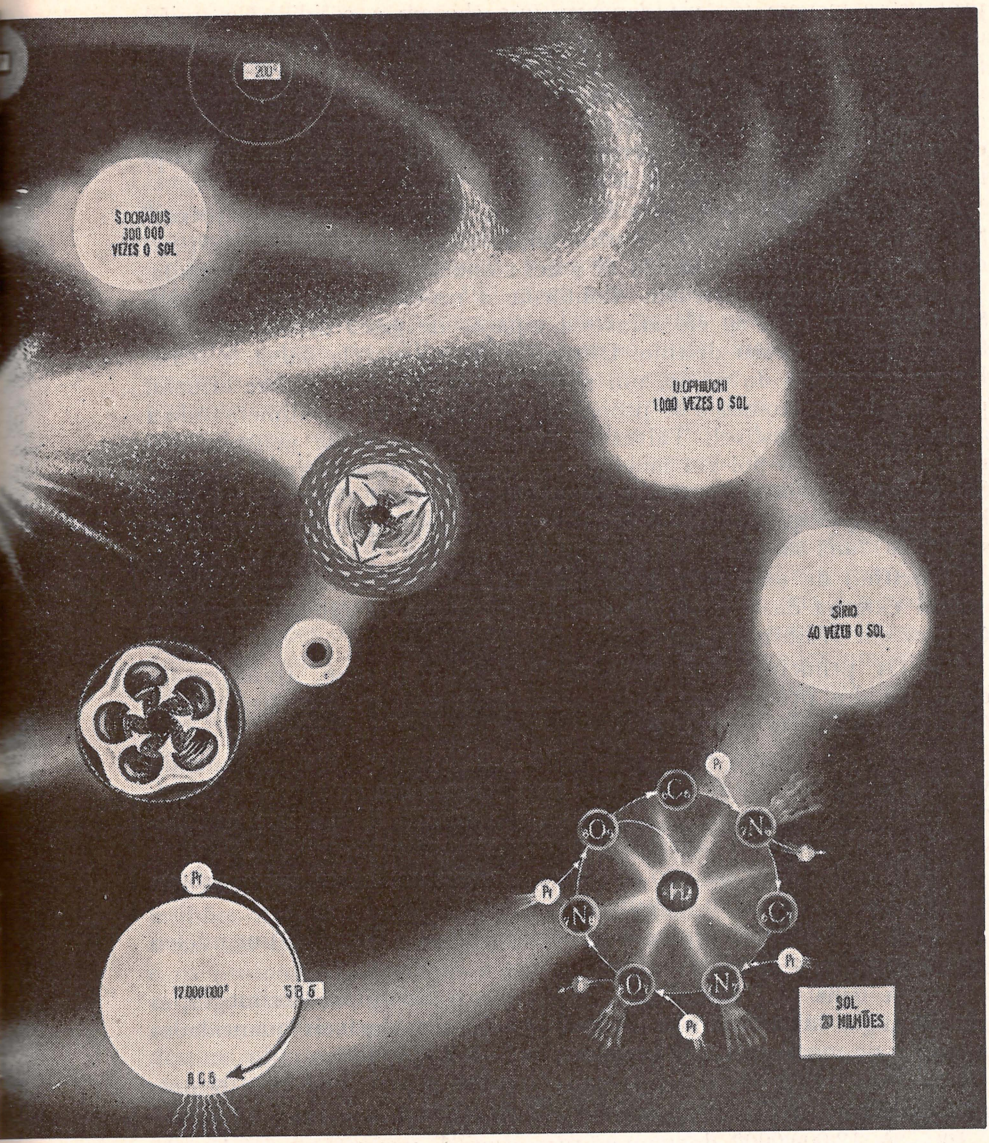


Fig. 46 — VINTE INSTANTÂNEOS DO CURSO DE VIDA DAS ESTRÊLAS. A espiral aqui apresentada não é realmente um "curso de vida" (para isso não dão os nossos conhecimentos), mas sim uma seqüência de instantâneos da vida das estrêlas,



segundo a concepção atual, que aliás ainda é muito hipotética. Mas, conforme se vê, já alcançou o nível de verdadeira ciência, com tratamento matemático (maiores detalhes no texto).

prótons se movem tão ràpidamente que chegam a colidir. Na união de dois prótons, um dêles se descarrega e se transforma em nêutron. O núcleo passa a possuir um próton e um nêutron e do primeiro elemento 1H0, que não se deveria mais denominar medievalmente hidrogênio e sim protônio, o Primeiro, sendo o Segundo 1H1 Deutério, do qual também se pode formar o Terceiro 1H2, Trítium (4), cujo núcleo contém um próton e 2 nêutrons.

A esfera de gás escuro, pela iluminação, transformou-se em "jovem" Sol que voa junto com os outros na viagem das espirais. O espaço que êle percorre é entremeado de gases cósmicos em densidade variada. Também essas nuvens voam. Conforme a rapidez com que o jovem Sol passa por elas, se êle atravessa espaços de gases densos ou rarefeitos, forma-se o seu destino. Durante o vôo a estrêla deixa, à semelhança da esteira do navio, um túnel de pressão leve. A êste afluem, pela sucção, os átomos e se projetam dentro da estrêla, alimentando-a assim com combustível. Talvez os cometas sejam dêsse material cósmico que segue o Sol em movimento, fazendo longas curvas. O nosso Sol é uma estrêla, que recebe quantidade razoável de material comburente e que queima como estrêla normal de pequeno tamanho, ou seja uma "anã amarela" de temperatura média.

O destino de uma estrêla do tipo do Sol acha-se representado na espiral externa da Fig. 46, de 4 a 11, conforme os cálculos do físico Gamow em Washington. Assim:

4 — Os primeiros dois prótons Pr + Pr reúnem-se, transformando-se um dos prótons em um nêutron para constituir o deutério D. Com isso se liberta energia e

5 — a temperatura da estrêla sobe a 2.000.000°. A velocidade do vôo dos prótons torna-se tão grande que penetra um terceiro e o deutério transforma-se em hélio. Mesmo nesta reação libertam-se consideráveis quantidades de radiação e a temperatura sobe a 3.000.000°.

6 — A velocidade de vôo aumenta novamente; entra novo próton e cria-se um núcleo com 3 prótons, o lítio.

7 — Com 5.000.000° entra o próximo próton e forma-se um núcleo com 4 prótons, o berílio.

8 — A 6.000.000° entra novo próton e o berílio se desintegra, o que dá lugar mais uma vez à libertação de consideráveis quantidades de calor, de modo que a temperatura sobe a 8.000.000°.

9 — Pela vinda de novo próton forma-se o elemento com 5 prótons, o boro.

10 — A 12.000.000° de temperatura central, penetra no núcleo do boro um outro próton e aparece o sexto elemento, que é o carbônio — momento decisivo para a vida da estrêla e sobretudo para nós, homens, pois a formação de carbônio é o pressuposto da criação da vida futura.

11 — Ora, além de 12.000.000° começa o ciclo da "síntese de hélio" que se verifica atualmente em nosso Sol e o provê de materia com-

bustível para sua constante irradiação, a cujo calor e generosidade devemos êste momento que vivemos. (Ver pág. 119).

Êste é o destino de uma estrêla tranqüila que em sua trajetória não encontra demasiados gases. Se uma estrêla se movimenta com muita rapidez, através de nuvens cósmicas de densidades maiores, ela é provida mais abundantemente de combustível e se aquece ao ponto de chegar a ser uma "gigante quente". Ela torna-se branca-azulada como Rigel e a sua temperatura pode elevar-se à de U no Ophiuchi, que emite 1.000 vêzes mais luz do que o nosso Sol (13).

Mas isso não é em absoluto o ponto culminante das possibilidades. Há estrêlas que brilham 100 vêzes mais ainda, como a S-Doradus — naturalmente não impunemente. Uma estrêla que se consome dessa maneira é fogo de palha celeste, que só pode durar algumas poucas centenas de milhões de anos. Enquanto consome a sua substância, a temperatura cai como a de um forno que se apaga e, então, ela percorre a série reversível que começa com o n.º 15. A contração de uma estrêla está ligada, de acôrdo com as fórmulas matemáticas, com o aumento da velocidade de rotação. Efetivamente conhecemos estrêlas que giram com tal rapidez — que se espera apenas que "no próximo segundo" — segundo astronômico — elas se despedacem. Com o número de rotações a fôrça centrífuga aumenta no equador e gases se desprendem da estrêla. Segundo os cosmólogos inglêses, esta é a razão das transformações de muitas estrêlas. As massas de gás juntam-se no equador; — os pólos ficam desnudos, formando-se no equador um intumescimento, um anel; êste arrebenta e se desprende; o núcleo descoberto fica visível; com isso a claridade aumenta tanto que a estrêla rebrilha — é a Nova.

Se a estrêla com êsse processo de esfriamento chega ao estado de rigidez, ameaça-a novo perigo. Uma esfera rígida não pode ultrapassar certas dimensões, pois a pressão no interior torna-se muito forte, mesmo para os átomos. No centro da Terra deverá haver uma pressão de 1½ milhões de atmosferas; no centro de Júpiter uma pressão de 10 milhões. A pressão não pode subir muito mais do que isso. Se os eléctrons são impelidos para muito perto dos núcleos, êstes os absorvem e os prótons transformam-se em nêutrons. Os núcleos perdem a sua carga deixando-se prensar até formar um "mingau de núcleos". Com os átomos desmorona-se a estrêla e torna-se uma anã (18 a 21). O seu destino ulterior pode tomar caminhos diversos, conforme os valores emprestados à massa e à velocidade.

1 — O desmoronamento, devido ao apertamento desenfreado dos átomos contra o centro, produz um calor tal que a estrêla explode: temos então uma Super-Nova.

2 — A estrêla sobrevive ao processo da contração e torna-se uma "anã pesada" como o satélite de Sírius.

3 — Pela radiação, a anã pesada perde matéria na superfície. A cobertura densa torna-se mais leve e um dia os átomos frenados debandam novamente (22).

4 — Pela compressão dos eléctrons nos núcleos atômicos transformam-se os prótons em nêutrons. Pelo aumento de nêutrons, os núcleos se tornam capazes de receber novos prótons. É assim que, de núcleos pequenos, se devem ter formado os grandes dos elementos pesados: silício, níquel, ferro. A formação de grandes átomos de pequenos devora energia. A temperatura da estrêla cai repentinamente, as massas de gás contraem-se, tornam-se pesadas e derramam-se em cataratas para o centro. Em conseqüência disso pode criar-se um tal calor, devido ao atrito, que a estrêla explode nesse ponto, encetando-se então novo ciclo qualquer. Assim se desenrola o destino das estrêlas, sem começo nem fim, sem trajetória predeterminada, ora nesta curva ora noutra; não é um curso de vida previsto e sim uma soma de destinos incalculáveis, do mesmo modo que a vida do homem se compõe também de círculos e espirais imprevisíveis de "períodos". Os versos de Goethe dizem:

Oh, alma humana,
Como te assemelhas à água,
Oh, destino humano,
Como te assemelhas ao vento.

e o mesmo se pode dizer das estrêlas. Só o começo e o fim, o nascimento e a morte são certos. Para tudo o mais que se desenrola entre essas fases não há uma lei constituída, mas apenas certos transcursos que se repetem de maneira característica.

Capitulo XII

O SISTEMA PLANETÁRIO

1) A criação do sistema planetário

Como habitantes da Terra vivemos em meio de uma organização astronômica, que se denomina sistema solar ou planetário. Ambas as expressões são sinônimas. Diz-se sistema solar, porque em seu centro está o Sol; diz-se sistema planetário porque êste Sol é contornado por cêrca de uma dúzia de esferas, que se chamam estrêlas errantes, planêtas. Nós vivemos na terceira esfera, a Terra: "Tellus" (Ver Fig. 49).

Nada sabemos sôbre o nascimento do sistema planetário. Como todos sabem, estabeleceram-se muitas teorias no decurso da história, entre as quais as de Kant e Laplace são as mais conhecidas. Não se deve dizer, como é comum, "a teoria Kant-Laplace", pois são duas teorias diversas, independentes e de correntes de pensamento completamente

diversas. Quando Kant escreveu a sua "História Natural do Firmamento", estava Laplace ainda de fraldas. E quando êste reuniu em sua "Mecânica do Firmamento" os resultados matemáticos de 100 anos desde Newton, ignorava o pequeno trabalho escrito em alemão do filósofo de Koenigsberg, naquela época pouco conhecido. A publicação também não o interessaria, pois o matemático não daria valor às "Reflexões de um Filósofo sôbre o Firmamento".

As "cosmogonias" de Kant e Laplace como são denominadas errôneamente, pois não se trata de cosmos e sim do sistema planetário, perderam o seu fundamento em conseqüência da teoria das esferas de gás. O sistema solar não pode ter sido uma "nebulosa primitiva caótica", nem o Sol uma "esfera gigante" com a sua pouca massa, pois nesse caso os átomos ter-se-iam desprendido, segundo as leis dos gases. A Terra nunca foi uma esfera de gás, pois não existem esferas de gás tão pequenas, nem tampouco se pode considerá-la originária do Sol, pois massa tão pequena como a Terra não poderia afastar-se da região de um corpo daquele tamanho.

O Sol se compõe principalmente de elementos leves, a Terra, porém, de pesados; é altamente improvável que a pesada seja filha da leve. O Sol gira vagarosamente, os planêtas depressa, Júpiter 60 vêzes mais depressa — tudo é contrário à idéia de que os planêtas sejam "filhos do Sol".

Há mais de uma dúzia de outras teorias. Sem reivindicar o grau de verdade nelas contido, tomamos duas delas. Uma, do ano de 1900, e outra, de 1950. A mais antiga, porque constitui a primeira teoria moderna, se impõe pela inteligência que revela. A inteligência se manifesta pelo fato de alguém saber coisas, que supostamente não deveria saber. Goethe está num cemitério quando ainda estudante de direito, e faz uma descoberta anatômica de aspecto evolutivo numa época em que ainda não havia histórias da evolução. Mais tarde, já diretor de teatro, faz no seu jardinzinho uma descoberta semelhante no campo da botânica: a metamorfose das plantas. Shakespeare fala de átomos como se vivesse 300 anos mais tarde, e Newton concebe que fôrças elétricas mantêm unidos os átomos. Wells descreve a explosão de uma bomba atômica sôbre Paris 30 anos antes de existir mesmo essa palavra. Assim Belot esboçou em 1900 uma história da origem do sistema planetário, em que maneja conceitos que sòmente algumas décadas depois conquistaram o direito de domicílio na ciência.

Segundo a sua teoria, duas massas cósmicas, em seu vôo pelo espaço, colidiram. A que se movimentava mais ràpidamente penetrou na mais lenta, foi freada e, como um navio que encontra uma onda em seu caminho, a massa retardada começou a vibrar. Originaram-se "ondas estacionárias" e os nódulos tornaram-se planêtas (Fig. 47). É uma bela idéia, moderna e dinâmica. Imediatamente pensa-se no modêlo atômico de Schroedinger, tendo os eléctrons como nódulos em uma nebulosa de energia em vibração. É a igualdade de pensamento que fala pela verdade.

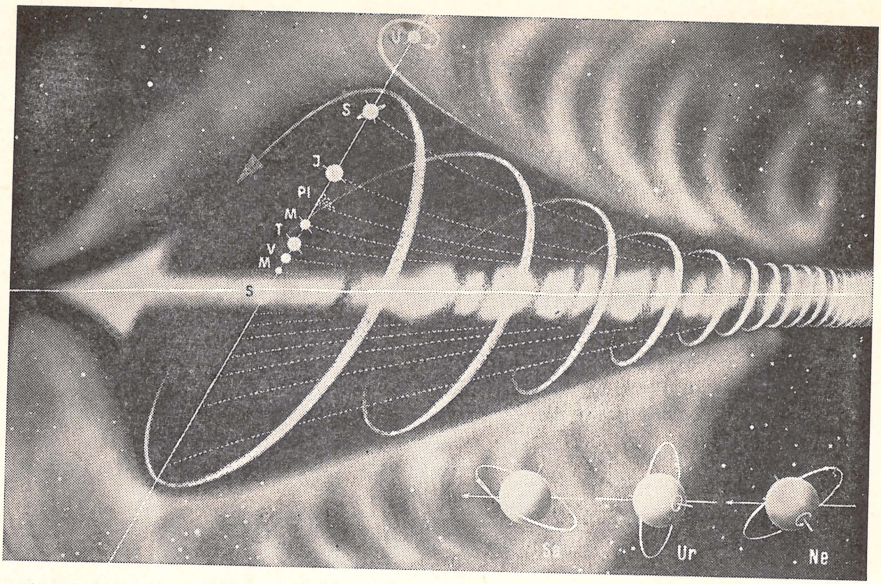


Fig. 47 — "COSMOGONIA". A melhor entre as muitas teorias pouco satisfatórias sôbre a origem do sistema solar é a turbilhonar de Belot. S = Sol, M = Mercúrio, V = Vênus, T = Terra (Tellus), M = Marte, Pl = Planetóides, J = Júpiter, S e Sa = = Saturno, U e Ur = Urano, Ne = Netuno.

Segundo os cálculos de Belot, quando se pressupõem certos valores básicos, a massa vibrante devia condensar-se em nodos, justamente nos intervalos em que se encontram os planêtas. As dimensões dêsses nós, com a distância do Sol (S), deveriam primeiro aumentar e depois diminuir, de modo que dentro se originariam os planêtas pequenos e no meio os maiores. Êstes teriam que girar com as velocidades com que efetivamente giram, e colocar-se na posição oblíqua ocupada de fato pelos seus eixos. Até mesmo o número e as distâncias das luas resultam no papel conforme a realidade no espaço.

Uma teoria não precisa ser verdadeira, mas deve ser boa. Ambas as coisas se enquadram nesta.

A nova teoria planetária, esboçada pelos matemáticos inglêses mencionados, parte do princípio de que quase a metade das estrêlas são sistemas duplos. Antes ainda havia mais, porém em alguns sistemas desapareceu uma estrêla e desta formaram-se planêtas. A vida das estrêlas é de rapidez variada e as estrêlas duplas não são de modo algum estrêlas geminadas e sim tipos diversos. O tipo que queima mais ràpidamente alcança uma temperatura mais elevada, constrói grandes núcleos atômicos e torna-se "pesado". Certo dia explode ou, à moda das estrêlas variáveis, desprende gases desfazendo-se da sua cobertura. A estrêla irmã recebe parte dessa herança da irmã falecida ou empobrecida, envolvendo-se de uma nebulosa ou anel de átomos pesados. O anel desmorona, formando planêtas e luas. Assim se explica que

nos planêtas se encontrem elementos mais pesados do que no Sol; que os planêtas oriundos de um anel rodopiante girem mais ràpidamente do que a sua "estrêla materna", que nem é sua "mãe" e sim sua "tia", a irmã da mãe morta. O Sol não é nossa mãe e sim nossa nutriz. Nossa mãe morreu e nos deu à luz moribunda. Esta é a lei das estrêlas: a mãe moribunda desfaz-se em filhos e êstes giram em tôrno da irmã que fica. Quando estrêlas duplas desaparecem, nascem planêtas. Êles são o consôlo do Sol literalmente a-ban-do-na-do.

Os dois cosmólogos inglêses fizeram duas contribuições de mérito. Em primeiro lugar nos libertaram da idéia de explosão do universo, e em segundo lugar da doutrina, mais absurda ainda, (que desde Eddington e Jeans recheia os nossos livros) de que o nosso sistema solar e sobretudo a Terra seja um "acaso feliz" muito especial, provàvelmente único que se verificou há tempos no universo. Em vista das imagens da Via-Láctea — 200.000 vêzes um milhão de sóis (reflita-se nisso!) — uma idéia dessas nos parece nada menos do que delirante. Pela teoria de que os planêtas são conseqüências naturais de estrêlas que explodiram, o universo se povoa dêles e nós voltamos ao equilíbrio. O universo adquire o seu sentido. Assim como a fôrça da gravitação e a irradiação, a vida também pertence à sua essência. As estrêlas que se degradaram em esferas de gás tornam-se as mães dos planêtas. As explosões do mundo não seriam absurdas, pois espalham, como cápsulas de sementes amadurecidas, os elementos da vida, leia-se literalmente os "elementos da vida" do carbônio ao cálcio e do ferro ao urânio, por entre as estrêlas irmãs. Pelas grades da Via-Láctea a vida se ramifica, como acontece com a parreira da vinha que de ano para ano, por mais fôlhas que perca, se renova em sua folhagem, e em cada novo outono aparece com novas uvas. E debaixo dela uma geração após outra de viticultores entoa as suas canções alegres ao erguerem as suas canecas de vinho.

2) A estrutura do sistema planetário

Das massas e medidas do sistema planetário todos nós fazemos idéias erradas. Todos, pois o cérebro não pode sequer conceber essas dimensões sôbre-humanas.

As massas: Todos os planêtas e luas juntos pesam sòmente 1 ou 2 milésimos do Sol. Para fazermos uma idéia disso, tomemos um pêso de quilograma na mão esquerda e um pêso de grama na mão direita. Se roubássemos ao Sol os seus "filhos", êle não rogaria aos deuses, como Níobe, que o destruíssem, por não valer mais nada a sua existência. Êle nem notaria a perda. Seria um leve abalo como quando perdemos um botão (Fig. 48).

As dimensões: Os planêtas, que já são diminutos, acham-se espalhados numa extensão tal que desafia qualquer conceituação. Suponhamos que o Sol tenha o tamanho de uma bola de pólo aquático ou de uma *medicin ball*. Em tôrno dêle grupemos os planêtas. Caminha-

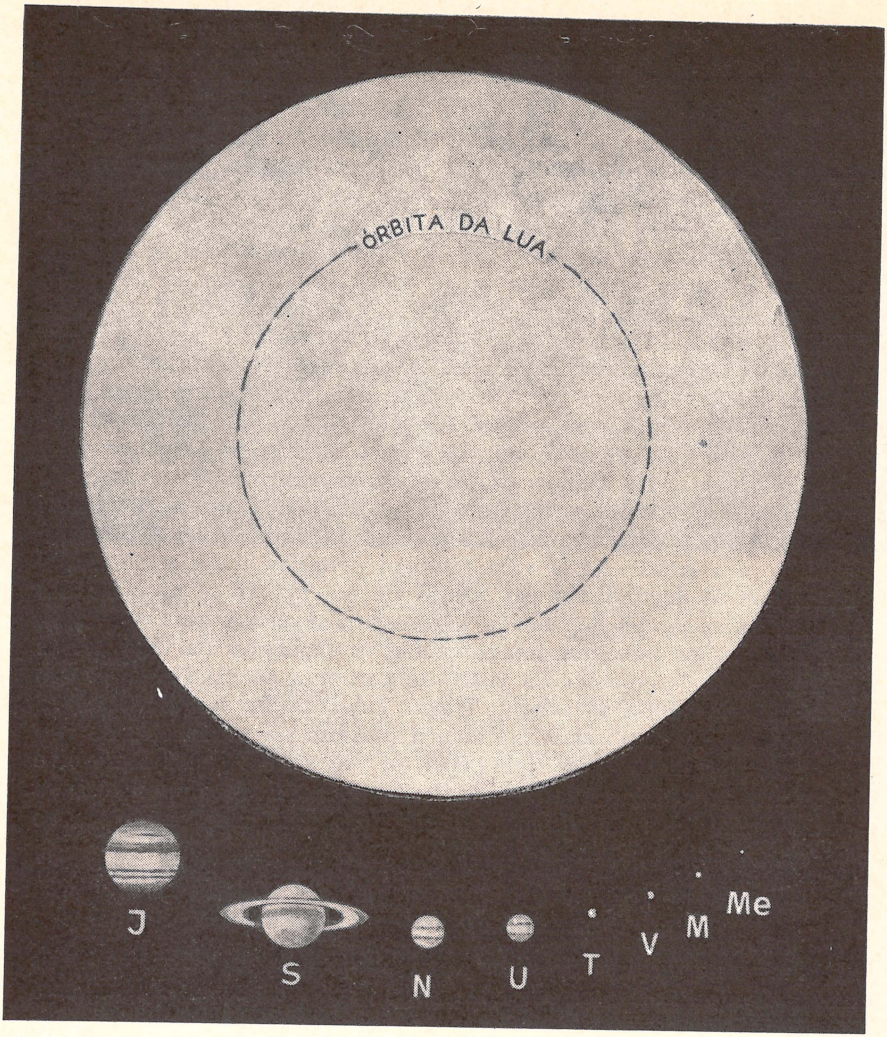


Fig. 48 — O SOL É GRANDE! É importante, para a compreensão do sistema solar, ter em mente o tamanho diminuto dos planêtas em relação ao Sol: o gigante Júpiter (J) é mil vêzes menor do que o Sol, e a Terra (T) é mil vêzes menor do que Júpiter. Comparem-se ainda as proporções dêsse sistema representadas na Fig. 50.

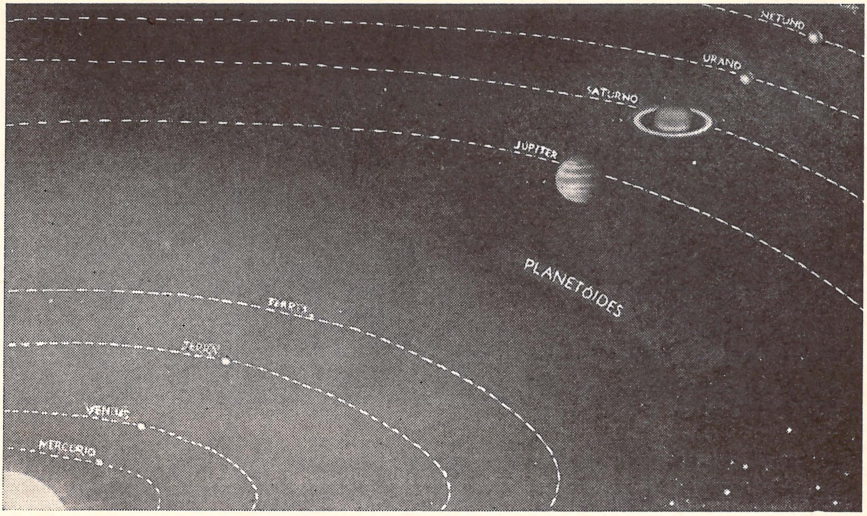


Fig. 49 — O PLANO BÁSICO DO SISTEMA PLANETÁRIO. O sistema planetário consiste em duas partes radicalmente diferentes, segundo a grandeza e distância dos objetos: os quatro planêtas anões internos, pequenos e próximos ao Sol e os quatro planêtas gigantes, externos, afastados do Sol e separados em si por intervalos imensos. A êstes se junta ainda por fora o planêta Plutão. Ambas as partes estão separadas pelo anel dos planetóides diminutos. As proporções exatas se vêem na Fig. 50.

mos 4 passos e fincamos um alfinête no chão; a cabeça do mesmo representa Mercúrio. Depois caminhamos novamente 4 passos e colocamos um alfinête com uma cabecinha colorida que será Vênus; após outros 4 passos espetamos mais um alfinête de igual tamanho — é a Terra. A comparação ainda está muito favorável à Terra, pois cabem na esfera solar cêrca de um milhão de globos terrestres. À distância de 10 metros fincamos no chão um alfinête, cuja cabecinha só tem a metade do tamanho — é Marte. Com isto colocamos os quatro planêtas "próximos do Sol", em suas distâncias exatas.

Para a segunda parte do sistema planetário, a externa, temos que empregar corpos e distâncias consideràvelmente maiores. Uma avelã a 30 m de distância é Júpiter; uma outra um pouco menor, à distância dobrada, seria Saturno; uma ervilha distante 140 m seria Urano e outra igual, a 200 metros, seria Netuno. Mais 100 m de distância e chegamos a Plutão, o planêta mais externo atualmente — quem quererá imaginar um sistema de massas tão pequenas, de distâncias tão grandes e de vazio tão desolador? Como é diferente das imagens que esboçamos em nossos livros e em nossas cabeças! Um sistema solar nem se deixa encaixar nos quadros de uma imagem. Se representarmos o menor dos planêtas, Mercúrio, por um ponto, então a imagem do sistema total assume 60 metros de largura. Por isso distribuímos massas e dimensões sôbre ambas as Figuras 49 e 50. A Fig. 49 mostra os

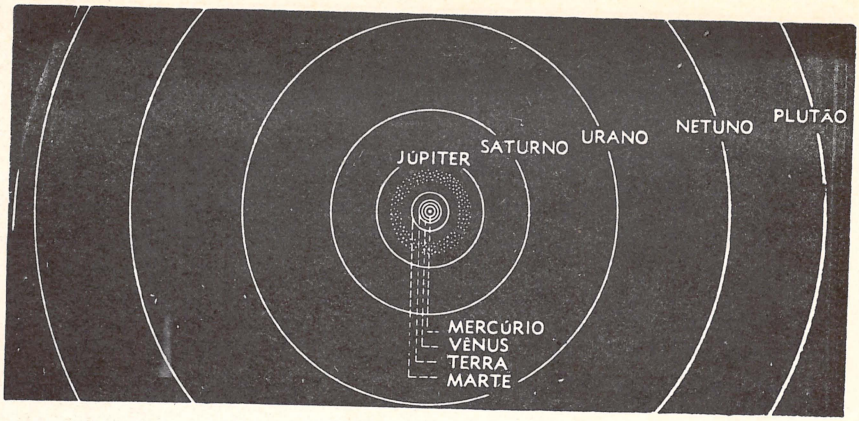


Fig. 50 — AS PROPORÇÕES VERDADEIRAS DO SISTEMA PLANETÁRIO revelam claramente o caráter nitidamente diverso das duas metades do sistema solar.

planêtas em suas grandezas relativas, aproximadamente certas, e a Fig. 50 as órbitas na proporção correta de suas distâncias. Consideremos essas figuras com vagar. Elas nos fornecem o conceito básico central. O sistema planetário compõe-se de duas partes fundamentalmente diversas, que são os quatro planêtas anões comprimidos em tôrno do Sol, e os quatro planêtas gigantes exteriores muito distantes entre si. Mas lá para fora ainda existem alguns corpos menores, dos quais o primeiro foi descoberto em 1930 e denominado Plutão, enquanto se procuram os outros, provàvelmente tarefa vã, pois estão distantes demais e fracamente iluminados pelo Sol para fornecerem pontos como imagem visual.

Os gigantes são de tal modo diferentes dos anões que se poderia duvidar se de fato pertencem à mesma categoria. Os anões expressos em 1.000 km e em números redondos têm os diâmetros 3, 8, 8, 4; os gigantes 90, 75, 30, 30. As distâncias entre os anões e o Sol, se atribuirmos à da Terra o número 100, serão 50:75:100:150, as dos gigantes 500:1000:2000:3000:4000. Trata-se de dimensões que nem são comparáveis entre si. Não se deve meter por isso os 8 ou 10 planêtas em um saco, mas devemos nos acostumar à idéia de que existem 4 planêtas interiores anões e 4 planêtas exteriores gigantes. Mencionar todos êles de uma só vez é tão falso quanto se na conversação não distinguíssemos entre o passeio domingueiro que nos leva apenas a alguns quilômetros da cidade e a nossa vilegiatura de verão em outro país.

Ambos os grupos estão separados por uma faixa de vácuo, que não está completamente vazia, pois dentro dela existem rochedos errantes que são os planetóides.

Quando se ouve falar na exigüidade das massas e na extensão das distâncias, fica-se bastante admirado de ouvir que os planêtas se acham

agrupados em tôrno do Sol, segundo uma lei curiosa. Escreva-se o número 1 e duplique-se o mesmo e depois duplique-se cada um dos números seguintes assim obtidos.

Começando com 0, obtém-se	0	1	2	4	8	16	32	64	128
Multiplique-se por 3 e obtém-se	0	3	6	12	24	48	96	192	384
Soma-se 4 e obtém-se ...	4	7	10	16	28	52	100	196	388
Comparados com essa série estão as distâncias dos planêtas ..	3,9	7,2	10,0	15,2	26,5	52,0	95,4	192,0	307,0

Esta regra descoberta por Tício em 1766 e divulgada 6 anos depois por Bode, não é decerto mero acaso. Seria o mesmo que desejar convencer a alguém de que uma cacatua do Museu Britânico tenha voado para lá, entrado pela janela e pousado na seção de "aves tropicais" sôbre a etiquêta "cacatua". Aqui estamos diante de uma lei matemática concretizada. Aqui vemos diante de nós um "modêlo atômico" com uma escala de Balmer e só falta um novo Bohr para decifrá-la e demonstrar: muito simples, o sistema solar é um átomo cósmico. Os seus planêtas devem estar naqueles pontos, segundo a lei dos *quanta*. São os nodos em que as massas vibrantes se condensam em planêtas e luas — "como a lei estabelecida".

3) Os 4 planêtas anões do interior: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte

O átomo é uma figura em 3 dimensões semelhante à esfera. Os planêtas porém, giram em tôrno do Sol num mesmo plano e o sistema é por conseguinte uma espécie de carrossel (Fig. 49). O plano em que êles se movimentam se chama "a linha de obscurecimento", a eclíptica, pois ocorrem eclipses quando o Sol, a Lua e a Terra se encontram exatamente no mesmo plano e ao mesmo tempo em linha reta.

Os 4 planêtas interiores são Mercúrio, Vênus, Terra, Marte. Vistos da Terra, Mercúrio e Vênus são planêtas "interiores" e Marte exterior. Ora, como Mercúrio e Vênus giram em tôrno do Sol em círculos estreitos, nunca podem parecer longe dêle, ou muito elevados no céu noturno, mas se movem — vistos da Terra — sempre com o Sol, ora um pouco mais na frente, ora um pouco mais atrás. Se correm atrás dêle, recolhem-se mais tarde e são vistos então a oeste do firmamento sob o nome de "estrêlas vespertinas". Se correm na frente dêle, aparecem antes da aurora, a leste, como "estrêlas matutinas". Durante grandes períodos do ano nem sequer são vistos, pois se encontram nas proximidades do Sol e desaparecem em seus raios. Às vêzes passam diante do disco solar. Êstes acontecimentos representaram importante papel na história da astronomia como "passagem de Vênus" ou "pas-

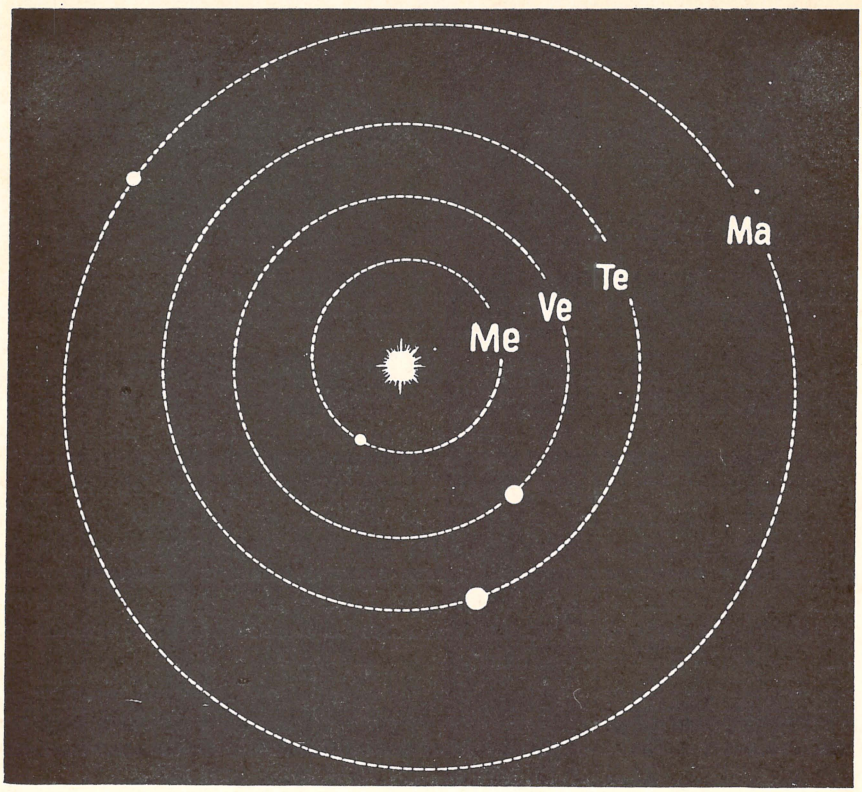


Fig. 51 — AS "ELIPSES" DAS ÓRBITAS PLANETÁRIAS. Comumente se tem uma noção errada das órbitas dos planêtas quando se diz que são "elipses". Os desvios são tão ligeiros que melhor seria imaginar círculos em que o Sol não se acha exatamente no centro. Êste desenho mostra a excentricidade das órbitas (segundo Fath).

sagem de Mercúrio". É que durante a passagem se tornou possível realizar mensurações paralácticas, a fim de determinar a grandeza e a distância do Sol e dos planêtas (Fig. 53).

Assim como a Lua, Mercúrio e Vênus, segundo a posição em que se encontram, nos mostram o seu lado iluminado ou obscuro, aparecendo em diversas claridades. Mercúrio às vêzes se torna tão claro quanto Sírius, mas Vênus é 10 vêzes mais clara, de tal modo que até projeta sombra. Se notarmos a sua posição em época de grande claridade, poderemos observá-la também durante o dia, o que é um bom divertimento, pois ela brilha no céu diurno como um estilhaço de ouro no esmalte azul.

Em relação ao conhecimento que temos da natureza, o que sabemos acêrca dos planêtas é pouquíssimo. O período de pesquisa dos planêtas ainda está diante de nós: será o triunfo da época do foguete.

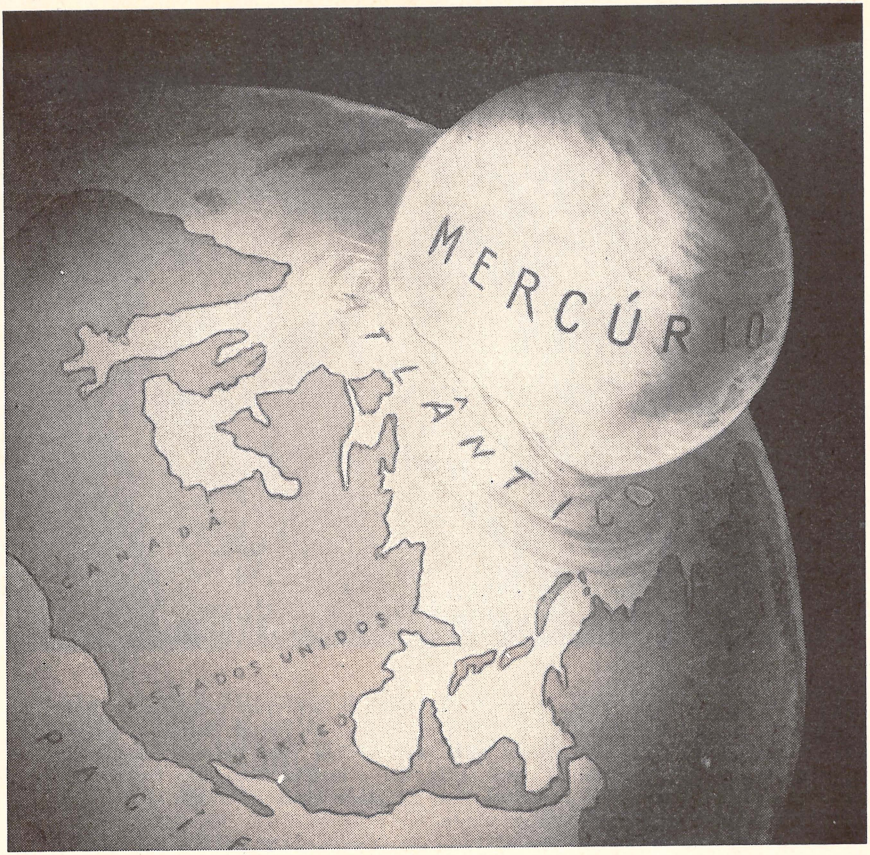


Fig. 52 — MERCÚRIO. Mercúrio é o menor dos planêtas. Se êle caísse sôbre a Terra poderia mergulhar no Oceano Atlântico sem tocar nos continentes.

Mercúrio é pequeno, $^1/_{20}$ do tamanho da Terra (Fig. 52). Êle poderia cair sôbre a Terra e desaparecer no Oceano Atlântico, sem tocar em continente algum. Parece ser escuro, pois reflete pouca luz. Não possui atmosfera, pois um corpo tão pequeno, próximo ao calor do Sol, não pode reter os átomos movimentados de uma atmosfera.

Vênus, o planêta que nos fica mais próximo, é mais ou menos do tamanho da Terra (Fig. 53). Ao contrário de Mercúrio, êle reflete fortemente a luz solar. Possui considerável atmosfera em que se encontra ácido carbônico, mas se nota pouco ou nenhum oxigênio e nenhuma água. A temperatura dessa atmosfera é presumìvelmente alta, cêrca de 100 graus. Vênus parece mais clara nos pólos, nas latitudes médias é mais escura, e muda suas côres.

Maior do que o conhecimento acêrca de Mercúrio e Vênus, é o que temos de Marte, pois não o vemos contra o Sol, mas sim a parte

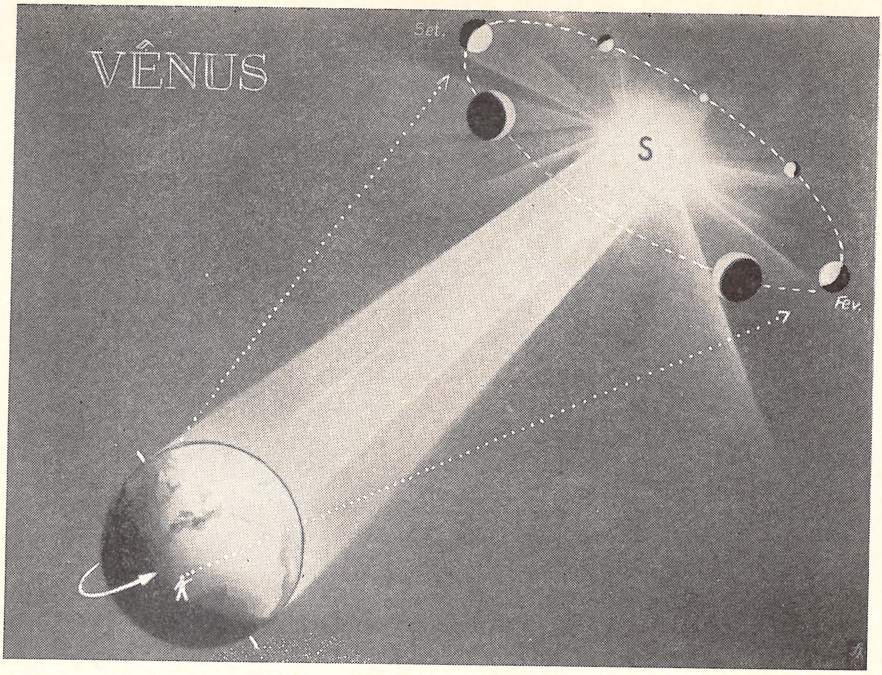


Fig. 53 — VÊNUS. Da Terra êste planêta só pode ser visto próximo ao Sol, pois contorna-o em círculo estreito. Se Vênus se adianta ao Sol e, portanto, nasce antes dêle, ela é estrêla matutina. Nessa qualidade é vista pelo homem na gravura. Se Vênus segue o Sol, declinando mais tarde, ela é estrêla vespertina no firmamento ocidental (linha pontilhada superior). Sua claridade varia conforme a sua distância da Terra e as dimensões de seu crescente.

iluminada pelo Sol atrás de nós (Fig. 54). Como a sua atmosfera é rarefeita, podemos observar-lhe bem a superfície, sendo que nenhum outro corpo celeste excitou tanto a fantasia humana quanto Marte. E foi tão longe que, no século passado, os franceses debaixo de uma constelação favorável, sob a proteção da atriz dramática Sarah Bernhard, queriam encenar um "entendimento" com os "irmãos em Marte". No Saara êles procurariam demonstrar o teorema de Pitágoras por meio de fogo em linha reta, distribuído por milhares de milhas. Se houvesse sêres inteligentes no "astro irmão", êles compreenderiam essa mensagem de chamas. Mas o plano não foi realizado. Quando, 40 anos depois, uma estação de rádio americana levava uma novela intitulada "Incursão dos Marcianos", os ouvintes desprevenidos julgaram tratar-se de uma notícia real, sendo dominados pela psicose do mêdo. Na polícia fervilharam os chamados, nos hospitais os pedidos de remoção dos doentes, nas estradas acumularam-se os carros dos fugitivos com os seus haveres, e quando a gasolina acabou, os que ficaram construíam barricadas ou fugiam para as igrejas. Em 1949 a es-

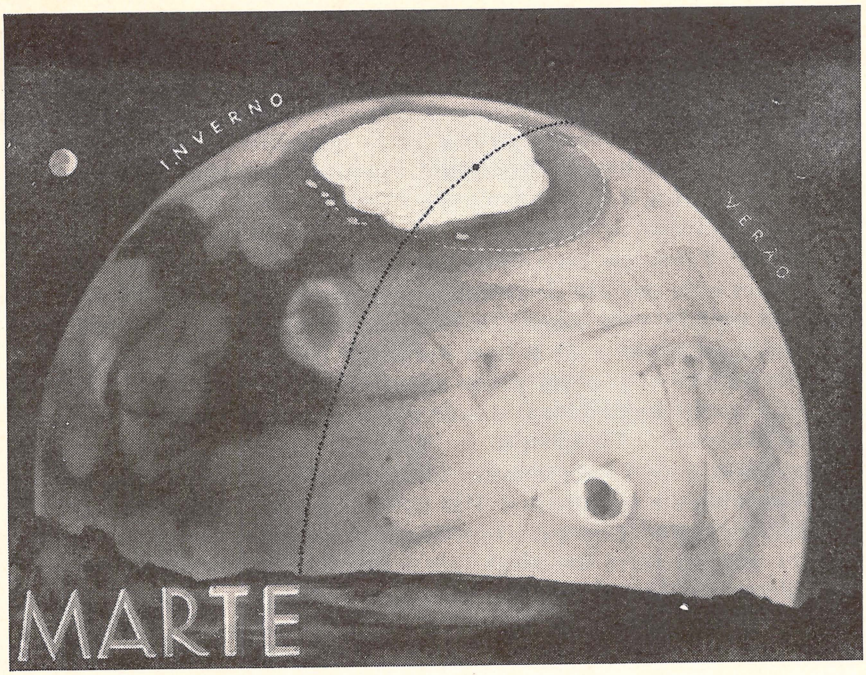


Fig. 54 — MARTE. Esta figura mostra à esquerda da linha preta pontilhada como o planêta se mostra no inverno: os continentes são escuros, os "canais" nítidos, os campos de gêlo ao redor do pólo estão estendidos ao máximo. À direita da linha pontilhada aparece a paisagem marciana durante o verão: clara, pobre de contornos e o gêlo polar contraído.

tação de rádio do Equador superestimando a inteligência de seus ouvintes, cometeu a imprudência de transmitir a mesma peça. Apesar de uma explicação introdutória sôbre o caráter teatral da novela de rádio, de novo deflagrou o pânico, e quando se soube do "lôgro" os impetuosos latinos assaltaram a estação, linchando os funcionários e botando fogo no estabelecimento.

Marte está afastado do Sol duas vêzes mais que a Terra, recebendo, portanto, menos irradiação. Seu eixo está mais inclinado do que o da Terra, de modo que o Sol no inverno desce ainda mais profundamente. O ano é quase duas vêzes mais comprido, portanto as estações são também mais longas. Tôdas estas circunstâncias — pense-se no inverno frio de Sol fraco que dura 12 meses — são naturalmente pouco favoráveis à vida orgânica.

Marte é pequeno. Sua superfície perfaz ½ da Terra. Um quilograma pesa em Marte 400 g. Sua fôrça de atração é insuficiente para reter os átomos de gases leves. Sua atmosfera, por isso, contém apenas traços de hidrogênio e sòmente um quinto do oxigênio da nossa. Às vêzes aparecem nêle pequenas nuvens que, como na Terra, se dirigem

para o "oeste". Com o auxílio dos instrumentos modernos foi possível calcular as diversas direções e velocidades dos ventos, as temperaturas nas altitudes e no solo com elevado grau de probabilidade e esboçar mapas atmosféricos. Marte, como a Terra no Gôlfo Pérsico, possui um centro de pressão baixa permanente, em tôrno do qual se constrói o mapa atmosférico.

Os pólos acham-se cobertos de massas brancas. Como as camadas de gêlo da Terra, no inverno tornam-se maiores. Da rapidez com que se formam e de novo se derretem resulta que a crosta de gêlo só pode ter uma espessura de alguns centímetros, o que corrobora a pobreza de água da atmosfera. As temperaturas são baixas, à noite descem até — 50º e ao meio-dia sobem pouco acima do ponto de congelação. Através da atmosfera rarefeita o minúsculo planêta perde logo depois do crepúsculo o seu calor diurno.

A superfície de Marte mostra diferenças de claridade, como se ali houvesse mares e continentes. Mas ao que parece não se trata de superfícies de água, pois estas refletiriam a luz solar. As côres mudam com as estações entre um cinza sujo e um verde acinzentado. Schiaparelli descobriu um sistema de rêdes, os "canais de Marte" e quase ficou cego com o esfôrço de procurar maiores e possìvelmente mais sensacionais detalhes — mas em vão. Talvez não se trate de canais contínuos, mas sim de fendas que não são retas, embora tenham essa aparência. Há por ali formações quaisquer, supondo-se que sejam cavidades, as quais na primavera se tornam mais escuras.

Resumindo tudo, diremos que Marte é um planêta pequeno, com pouca fôrça de atração, e possui, portanto, uma atmosfera rarefeita que não é adequada nem à respiração, nem ao transporte de água. As nuvens nela, raras e muito elevadas, são cirrus e não nuvens de chuva. A irradiação solar é fraca, as temperaturas na maioria ficam abaixo de zero, as estações são compridas, de modo que um solo como o da Terra regelaria profundamente e não degelaria nem mesmo no verão. Sòmente permitiria o crescimento de vegetação rasteira como na tundra. É difícil pensar que se tenham desenvolvido formas de vida mais elevadas nessas condições.

É verdade que épocas anteriores podem ter sido mais favoráveis, e talvez se tenham conservado culturas de tempos antigos, que consèguem sobreviver, mesmo sob as condições atuais pouco propícias. Nós os homens terrestres por certo não nos deixaríamos varrer do planêta pela alteração das condições de vida na Terra até ao nível das de Marte. Seria aconselhável, portanto, ter cuidado com a resposta à seguinte pergunta: — Existe vida em Marte? O mundo é mais rico em possibilidades do que o cérebro humano estaria inclinado a admitir.

4) O anel dos planetóides

Segundo as fórmulas e exigências da estática e da regra de Tício-Bode haveria um nono planêta intermediário entre os quatro exteriores. Desde os tempos de Kepler procurou-se por êle sem resultado. Mas quando as fórmulas exigem alguma coisa, essa coisa deve existir e se não está, estêve.

Não é como se lê na maioria dos livros "na primeira noite do século XIX", e sim na véspera do ano novo de 1801 que Piazzi descobriu em Palermo um novo planêta, observando-o durante seis semanas. Depois disso Piazzi adoeceu. Ao voltar às suas observações, o planêta já não foi encontrado. Mas naquela época vivia a criança prodígio, Gauss, o Mozart da música dos números. Êsse matemático genial, aos 23 anos de idade, pôs-se a calcular a órbita mediante os dados que Piazzi lhe fornecera e no fim do ano o planêtazinho surgiu de novo no ponto em que Gauss predissera o seu aparecimento. Tratava-se de um corpo pequeno, de 800 km de diâmetro, portanto uma espécie de ilha da Inglaterra, adejando no espaço universal.

Uma agitação formidável dominou os contemporâneos. O planêta intermediário no espaço vazio entre Marte e Júpiter há tanto procurado fôra encontrado. Mas desapontava o seu pequeno tamanho. Devia haver outros. E começou uma busca ativa no firmamento até que em breve foram descobertos mais 3. Depois de introduzida a fotografia celeste, descobriram-se êsses planetóides por meio de chapas fotográficas. Pois, enquanto as "estrêlas fixas se destacam contra o fundo, aparecendo como pontos, os planetóides, em conseqüência de seu movimento próprio, descrevem pequenos riscos". Dessa forma fácil, foram até hoje descobertos mais ou menos 2.000 e supõe-se que existam de 10 a 20 vêzes mais.

Todos êles se movem na direção rotatória do sistema, "the rule of the road", e com poucas exceções todos seguem a eclíptica. São pequenos e leves, verdadeiras "pedra-pomes"; a maioria possui diâmetro de poucos quilômetros (Fig. 55). Os grandes têm a forma de bola ou de ôvo; os menores são "blocos". Se fôssem bolas a maioria dêles não seria visível, pois as esferas refletem muito pouca luz; os blocos, porém, "cintilam".

De onde se originam os planetóides ainda não sabemos. A teoria mais antiga supõe que se trate de fragmentos do grande planêta que deveria encontrar-se entre Marte e Júpiter, segundo a fórmula de Tício-Bode. Se êsse planêta existiu, a maior parte de sua massa está reduzida a pó, pois todos os planetóides juntos não contêm mais massa do que a nossa Lua.

As idéias modernas seguem outra direção. Acredita-se que o sistema planetário se originasse de uma "nuvem de oscilações". O resto da

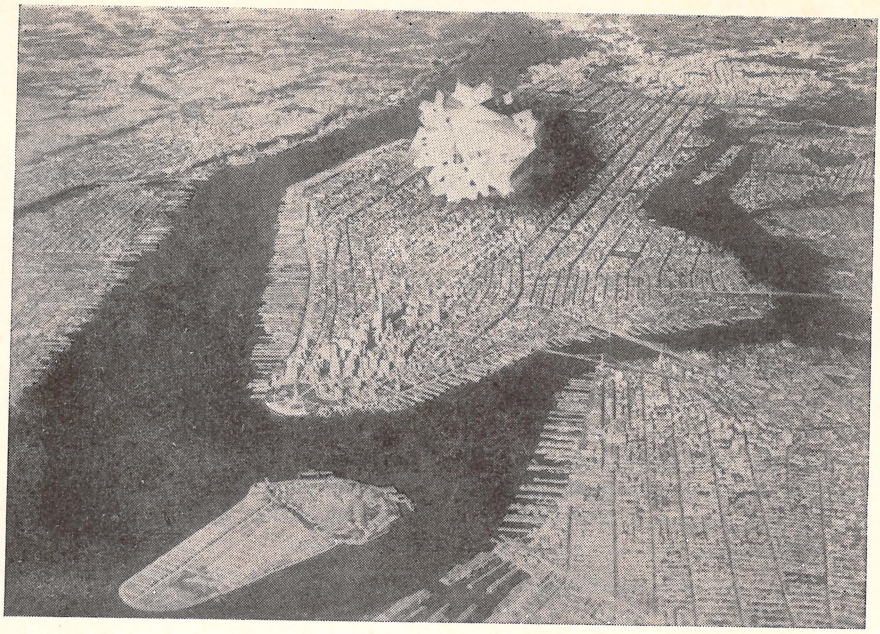


Fig. 55 — OS PLANETÓIDES. Os planetóides são corpos celestes diminutos. Se o planetóide Hermes caísse sôbre a península de Manhattan, êle só cobriria pequena parte da cidade de Nova York. (Modificado segundo um modêlo da feira mundial de Nova York).

"massa primitiva" talvez esteja esvoaçando nesse espaço intermediário, sem se ter constituído em planêtas.

Naturalmente os planêtas vizinhos desviam êsses corpos pequenos, sobretudo o grande Júpiter, obrigando-os a girar em tôrno dêles (Fig. 61). Os corpos que circundam um planêta denominam-se luas. Infelizmente. Não se deveria classificar de "lua", a tudo que gira em tôrno de um planêta, do mesmo modo que nem tudo o que um trem carrega se denomina "viajante". Tôdas as ciências conservam desde a Antiguidade e Idade Média nomes que se originam dos erros de seu tempo. O profissional acostuma-se pelo emprêgo durante decênios a denominações inadequadas como Índias Orientais e outras, de maneira que já não as considera néscias; assim como nós só aos seis anos de idade nos rimos de que o nosso alfaiate se chame "Goldschmied" (joalheiro) ou que um homem branco se chame "Schwarz" (negro), e que o líder do movimento negro atual se chame "Weiss" (branco). Numa cabeça normal, porém, em que os maus hábitos ainda não causaram desvios, as designações erradas ocasionam noções erradas. Por isso não se deve denominar os planetóides "pequenos planêtas", pois planêtas pequenos são Mercúrio, Vênus, Terra, Marte. Não se

chame a tudo que gira em tôrno do planêta de "lua", mas antes empregue-se o conceito geral de satélite ou acompanhante. O que êste representa deve ser pesquisado em cada caso. A expressão "lua" deve ser reservada para os grandes corpos esféricos celestes do gênero da nossa Lua, que se encontram numa relação imutável com um planêta há mais de centenas de milhões de anos. Ao lado disso há os "corpos estranhos" que se aproximaram casualmente do planêta, são corpos que podem surgir junto a um planêta a qualquer dia e que o acompanham em grandezas e distâncias arbitrárias, provàvelmente sempre por tempo relativamente curto. Vamos designá-los por satélites, pois esta expressão diz um pouco do desmerecimento de que êles são dignos. Marte não possui luas, mas é circundado por dois satélites tão pequenos que só foram encontrados pelos grandes aparelhos norte-americanos. De 10 a 12 km de diâmetro, não são mais do que pedaços de rocha flutuantes no espaço, à reduzidíssima distância de Marte, sendo um a 10.000 km e outro a 20.000 km, enquanto a nossa Lua está a 400.000 km de distância. O satélite externo gira ao redor de Marte, com a mesma velocidade da rotação dêste de modo que no céu êle parece quase parado. O interno se movimenta mais ràpidamente, de forma que, levantando-se no oeste, em duas horas atinge o horizonte a leste. Quase não há dúvida de que se trate de planetóides "captados", pois Marte circula na margem interna do anel planetóide.

Júpiter, incomparàvelmente maior do que Marte, da margem absorve como um pólipo os planetóides. Quantos já "devorou" não sabemos naturalmente. No decorrer dos tempos devem ter sido milhares dêles. Atualmente, ao lado das 4 luas, movimentam-se no mínimo 7 "planetóides" em tôrno de Júpiter; além disso êle atraiu para sua órbita grupos inteiros, formando "famílias". As mais conhecidas são os "Troianos", um grupo de corpos menores, que receberam os nomes dos heróis troianos e dos quais a metade corre diante de Júpiter e a outra metade atrás. Êles têm a mesma velocidade de Júpiter, conservando-se afastados dêste tanto quanto do Sol, de forma que as linhas que ligam o Sol, Júpiter e Troianos formam dois triângulos eqüiláteros (Fig. 56). Vê-se aqui no céu realizada uma das poucas soluções possíveis, teòricamente, do famoso problema de 3 corpos e é a que o matemático francês Lagrange predisse: Três massas ou grupos de massa encontram-se em equilíbrio, quando pairam nos vértices de um triângulo eqüilátero e tendem para um centro de gravidade comum. Vemos neste caso uma fórmula expressa em corpos astrais escrita no quadro negro do firmamento.

Nesta figura foram inseridas algumas órbitas de planetóides que se expandem de modo especial. Hidalgo descreve uma elipse que leva até as proximidades da órbita de Saturno. Adônis cruza as órbitas de todos os planêtas interiores, e em 1936 aproximou-se a 2.000.000 km da Terra. A 30 de outubro de 1937 apareceu um corpo pequenino

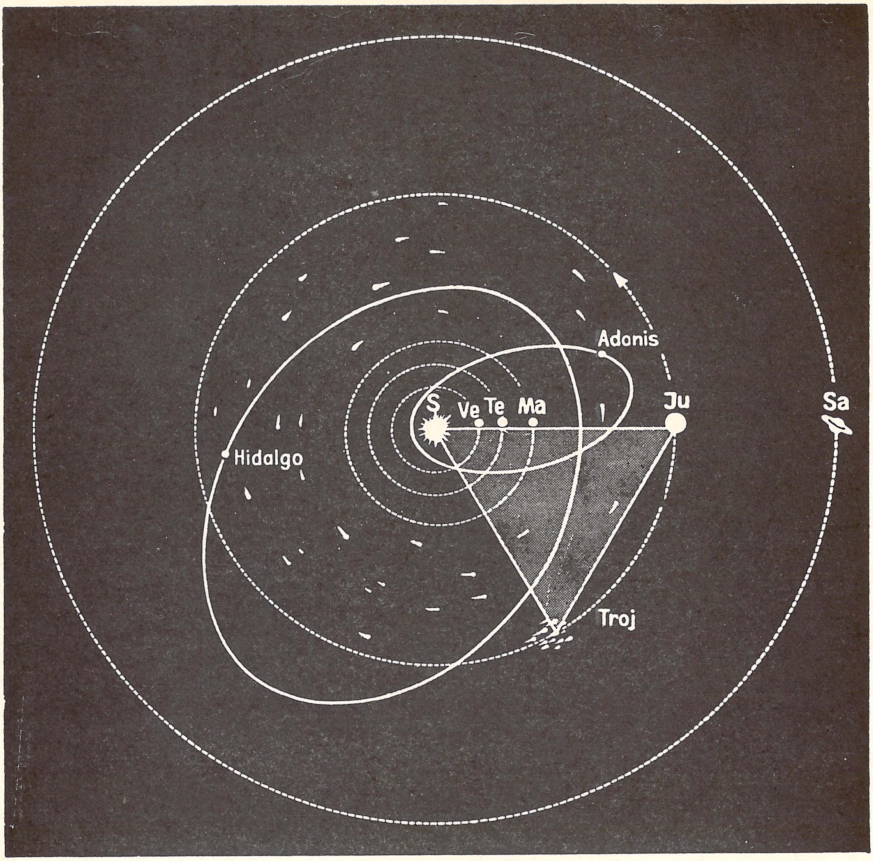


Fig. 56 — OS TROIANOS. Um grupo de planetóides, os "Troianos", acompanha Júpiter a distância constante, correspondendo exatamente à distância de Júpiter ao Sol, de sorte que neste lugar no sistema planetário gira um triângulo eqüilátero. Além disso, vêem-se as órbitas de dois planetóides, Hidalgo e Adônis, dos quais o último cruza as órbitas de todos os planêtas internos. — Desde a elaboração dêsse esquema, descobriram-se Troianos, à mesma distância diante de Júpiter, de modo que sôbre a linha S-Ju se deve imaginar colocado um triângulo do mesmo tamanho, em cujo vértice também correm "Troianos".

quase na proximidade lunar. Seria possível atingi-lo com um foguete interplanetário. Êste foi denominado Hermes. Tinha a circunferência de uma pequena cidade e forma angular (Fig. 55). O planetóide Eros que em 1917 se aproximara da Terra a 17.000.000 km, revelou-se um "fragmento" alongado que girava em tôrno de seu eixo em 5 horas e 17 segundos. Não é preciso recear nada. Segundo uma fórmula do matemático francês Roche, um corpo menor pode aproximar-se de um maior sòmente numa trajetória em espiral até $2^1/_2$ vêzes do raio

do maior. Depois a fôrça de atração se torna tão forte que o "aproximante" arrebenta em pedaços. Verdadeira fórmula mágica, sob cuja proteção um corpo celeste pode seguir seu caminho tranqüilamente. A Terra como se verifica da sua estabilidade, de fato não foi perturbada em sua rotação por nenhum corpo maior nos últimos 500 milhões de anos. Sempre aparecem notícias nos jornais como esta: "Perigo aproximando-se no espaço!" Sorriam. Se houvesse, não seria possível ter notícia dêle, pois foram precisos 2.000 milhões de anos — reflita-se no que significa esta cifra — 2.000 vêzes um milhão de anos de desenvolvimento imperturbável, antes que as amebas se tornassem jornalistas, para divulgar tais tolices que provocam o desassossêgo nos espíritos. Se os homens fôssem tão inofensivos como os planetóides, haveria fórmulas de Roche também no domínio da moral.

5) Os dois planêtas gigantes: Júpiter e Saturno

Se pudéssemos penetrar no círculo dos planêtas externos através do anel dos planetóides, saindo da região dos planêtas internos por meio de um avião-foguete — que imenso espaço de tempo a esperar! — notar-se-ia imediatamente que se veio parar em um mundo de dimensões completamente diversas. Júpiter é uma esfera que não se compara de modo algum com Marte ou com a Terra. Júpiter representa a média proporcional entre a Terra e o Sol. Se dermos valor de 1 ao globo terrestre, Júpiter terá 1.000 e o Sol 1.000.000. Seriam precisas 1.330 Terras para encher o espaço de Júpiter. Verdade é que a sua matéria é rarefeita. Para atingir o seu pêso, bastariam 318 Terras. Provàvelmente é uma bola de gás, como parece indicar também o seu forte achatamento. Em que condições se acha o seu interior, não se sabe, porque uma camada grossa de nuvens o envolve. "Cobertos estão os teus céus, Zeus." Antigamente acreditava-se que o planêta gigante fôsse incandescente. Era-se levado a essa suposição pela "mancha vermelha" que apareceu em 1878, estendendo-se por 25.000 km e esmaecendo no decorrer de décadas. Depois vieram os instrumentos modernos termoelétricos, que medem a irradiação da imagem obtida e se obteve o valor de -100^{o}. Com efeito, esta é a temperatura da camada de nuvens que pode estar muito alta e contém muito metano e amoníaco — quem pode saber o que está debaixo disso? O astro-radar com que a ciência futura trabalhará deve um dia devassar estas profundezas veladas.

Como já dissemos, Júpiter e Saturno giram mais depressa, isto é, 60 vêzes mais ràpidamente do que o Sol. Em 10 horas as esferas gigantes giram em tôrno de si mesmas. Isto é uma das provas mais fortes contra tôdas as teorias segundo as quais os planêtas seriam "filhos do Sol".

Júpiter é contornado por 11 satélites, dos quais 4 são luas verdadeiras (Fig. 57). Êles foram os primeiros corpos celestes descobertos

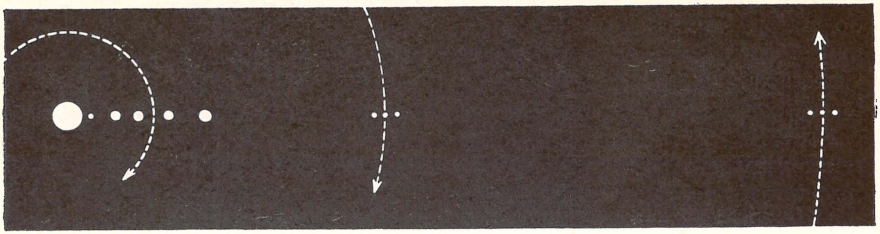


Fig. 57 — AS CHAMADAS 11 LUAS DE JÚPITER. As 11 luas de Júpiter não são tôdas "luas", pois se trata de 4 luas verdadeiras e 7 corpos pequenos, que são presumìvelmente planetóides captados e arrastados temporàriamente, cujo número variaria no decorrer dos séculos.

com telescópio por Galileu e Simon Marius ao mesmo tempo. É certo que os povos primitivos, com os seus olhos penetrantes, já os conheciam há muito, pois tanto os índios como os negros os mencionam em suas narrativas. A observação de suas revoluções e dos pontos de sombra que projetam sôbre a grande e branca esfera de nuvens é privilégio e prazer de todos os possuidores de telescópios. O mais interno e menor é do tamanho de nossa Lua e a sua distância da superfície de Júpiter exatamente igual à da nossa da Terra, harmonia essa que decerto não é devida ao acaso. Os outros três são maiores numa proporção que vai até o dôbro, e duas até quatro vêzes mais distantes. O maior é quase da dimensão de Marte.

Ao lado das luas movimentam-se em tôrno do planêta gigante sete pequenos corpos de materia fôfa, com alguns ou algumas dúzias de quilômetros de diâmetro. O mais interno se move numa distância de apenas 40.000 km — um décimo do afastamento da Lua — sôbre o invólucro de nuvens, uma vez em cada 12 horas em tôrno do formidável planêta — não é uma lua e sim uma espécie de avião-foguete interplanetário. Os outros se movimentam em dois grupos de três. O interior é mais ou menos 10 vêzes, o exterior 30 vêzes mais afastado do que o grupo das luas. Êles voam em sentido contrário ao da rotação de Júpiter e de suas verdadeiras luas. Um matemático futuro talvez prove aos seus contemporâneos por meio de cálculos que o sistema de Júpiter seja um turbilhão, e que justamente ali, nessa distância, haja uma zona de contracorrente que força todos os corpos que para lá se dirigem a mover-se nesse sentido contrário de rotação.

Saturno revela-se, sob todos os aspectos, irmão de Júpiter. É quase do mesmo tamanho, 750 vêzes maior do que a Terra, também notório pela leveza, sòmente 100 vêzes mais pesado que o globo terrestre, gira com idêntica velocidade, acha-se circundado por um invólucro de nuvens igualmente denso, que em sua superfície ainda è mais frio do que o de Júpiter, pois Saturno está afastado do Sol duas vêzes mais do que aquêle. Em todo caso, o referido invólucro é 50° mais quente do que o permitem os cálculos. Isso indica que o planêta irradia calor por baixo dêle. Assim como no invólucro de Júpiter, encontra-se tam-

bém na atmosfera de Saturno metano e amoníaco, e às vêzes apare cem manchas sôbre êle.

Saturno é o planêta mais rico em luas. Êle possui 8 luas verdadeiras e fáceis de lembrar: o dôbro das de Júpiter. De dentro para fora, elas aumentam de tamanho e depois diminuem. A maior é um tanto maior que a nossa Lua e possui atmosfera que contém metano. Bem longe e do lado exterior dessas luas corre um corpo estranho, que está quatro vêzes mais afastado do que a lua mais externa, isto é, 13.000.000 de km, necessita de $1^1/_2$ ano para dar volta ao planêta e gira em direção contrária.

Um dos fenômenos mais curiosos e por isso mais conhecidos de tôda a história natural é o anel de Saturno (Fig. 58). Se não existisse na realidade, poderia dizer-se que a idéia de um anel em tôrno de um planêta era produto de uma fantasia mórbida. Segundo a fórmula de Roche, um satélite não se pode manter desde que êle se aproxime mais do que $2^1/_2$ vêzes o raio do planêta. A distância da lua mais interna é em Júpiter 2,54 do raio do planêta, em Saturno 3,11. O pequeno corpo que gira em tôrno de Marte, o Fobos, tem uma distância de 2,79 de raio — é possível desejar melhor confirmação para uma fórmula?

O anel de Saturno é por suposição o remanescente de luas que se fragmentaram no limite Roche e se desfizeram em pedras presumìvelmente. Êle tem a largura de 60.000 km, sòmente 15 km de espessura, como o exige a teoria, pois as pedras só se mantêm suspensas enquanto se acham na região equatorial. No limite interno do anel as pedras são menores e movimentam-se ràpidamente, mais depressa do que o planêta. Quanto mais para fora, tanto maiores são e alcançam na orla exterior um diâmetro de 1 km.

De acôrdo com os cálculos, deve haver entre o 2.º e o 3.º têrço do anel uma zona de 3.600 km de largura, em que não se podem manter pedras. Existe realmente essa "zona de silêncio". Ela foi descoberta em 1675 pelo astrônomo italiano Cassini, denominando-se o vácuo de Cassini. O universo deve ser como a matemática o quer.

Não sabemos, porém, o que realmente se passa no interior e debaixo do anel de Saturno e o que falamos a respeito constituem devaneios científicos. Presume-se que as luas atraem as pedras. Em seguida uma onda de maré baixa e alta percorreria o anel. Dessa forma seriam tiradas pedras do seu plano e cairiam na atmosfera do planêta. Ao atravessar esta, dilacerariam átomos, produzindo talvez tempestades.

Serão pedras mesmo? As riscas espectrais, assim como a fôrça com que o anel reflete a luz, fizeram supor que não se trata de pedras e sim de gêlo que gira em tôrno do planêta sob a forma de anel. Essa hipótese é apoiada pelo fato notável de que as 5 luas interiores de Saturno possuam a densidade do gêlo. Talvez não caiam pedras sob os anéis de Saturno e sim imensos granizos. É inevitável lembrar-se aqui da doutrina do gêlo universal que nas primeiras décadas do século conquistara tantos adeptos, mas que caiu em descrédito pelo exagêro em que incorreu. Algumas dessas idéias, porém, não seriam

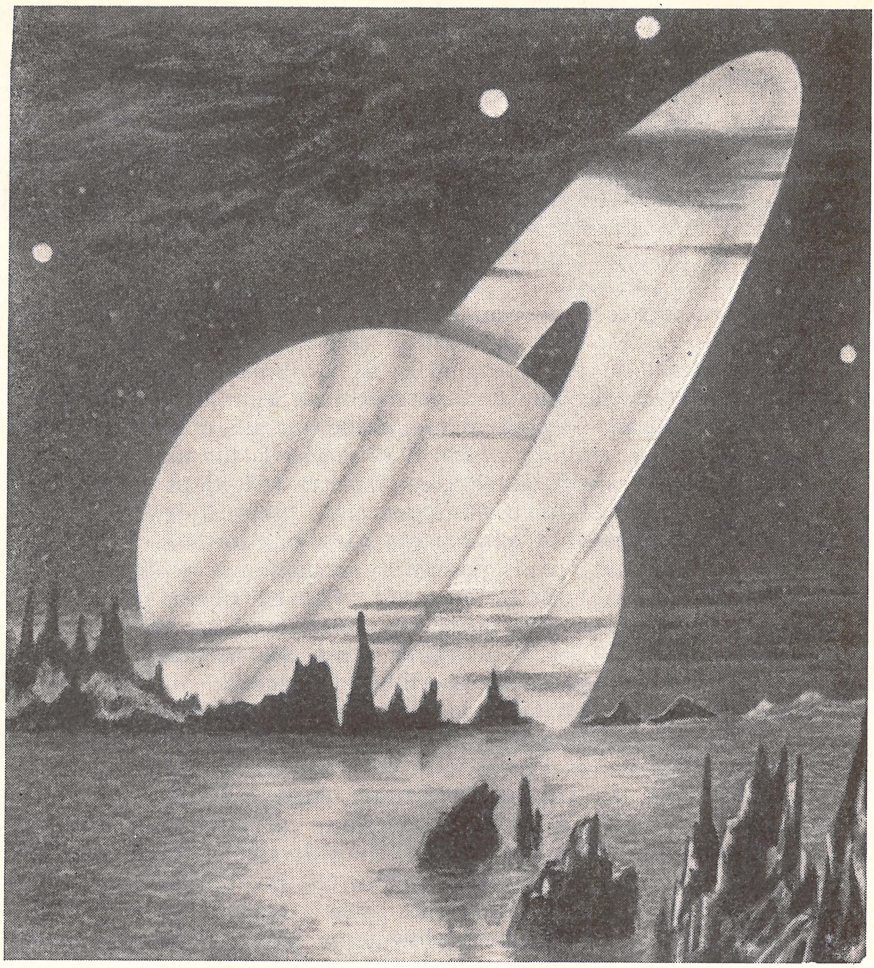


Fig. 58 — SATURNO. Saturno, pelo seu anel, é um corpo celeste de efeito fantástico. O anel consiste (provàvelmente) em fragmentos de luas destroçadas e perde massa ràpidamente (presume-se) devido a constantes chuvas de pedra.

tão absurdas, como a de que no espaço universal existe gêlo em movimento.

Em relação a isso não se pode desprezar o fato de já ter sido mencionado o anel de Saturno nas narrativas dos maoris, habitantes primitivos da Nova Zelândia. O anel de Saturno entre os maoris! Isso nos coloca certamente diante de uma charada que desta vez não nos é imposta pela abóbada celeste e sim pela humanidade. É mais do que improvável que uma vista, por mais perfeita que seja, tenha conseguido ver a ôlho nu o anel de Saturno, pois a estrutura da mem-

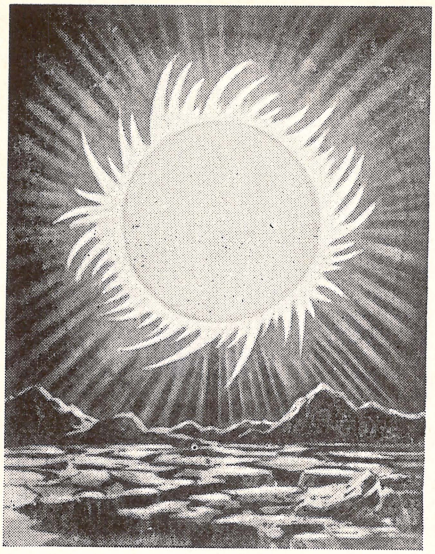
brana reticular exige certas dimensões da imagem projetada. Seria preferível pensar que nesse povo tão ativo e inteligente algum indivíduo ocupado com quinquilharias chegasse a construir um telescópio, provàvelmente de espelhos metálicos. Os povos primitivos não são mais tolos do que nós, porém se distinguem pelo seu estilo de vida. A ciência e a técnica são fenômenos das culturas urbanas, produtos de uma tradição que coleciona experiências e está sempre em progresso. Os povos primitivos não tratam de matemática. Êles também não contam anteras, nem espetam insetos em agulhas para estudo. Em compensação, conhecem todos os pássaros no ar, cada rasto no chão e cada fôlha na ramagem, compondo lendas alegóricas de sentido profundo acêrca de árvores e tempestades, em que revelam conhecer a essência da natureza tão bem quanto nós. Quem sabe dizer o que é mais elevado: Viver sob o Sol e a Lua com alma de criança, fantasiando sôbre os mesmos com a fôrça de um poeta pré-histórico, ou medi-los em graus de temperatura, pesá-los em gramas, exaurindo de tal modo o espírito à fôrça de debruçar-se sôbre as tabelas de estudo, que não só já não podemos compor uma canção como nem sequer cantá-la. Não é de se supor que, no dia do juízo final, os maoris ou os hererós, com as suas fábulas sôbre a Lua e as estrêlas, estarão em situação inferior à dos assistentes dos observatórios astronômicos com as suas dissertações acêrca dos períodos das Cefeidas.

6) Os três planêtas exteriores: Urano, Netuno e Plutão

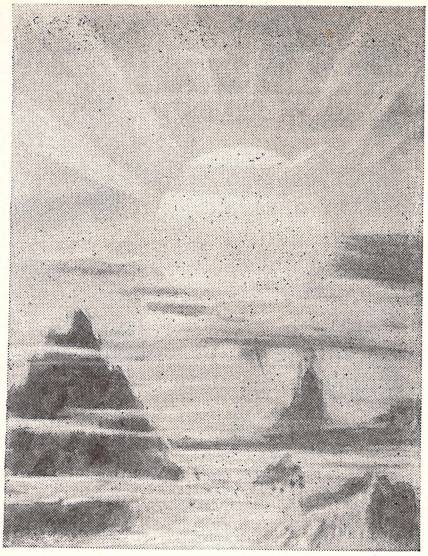
Quando se passa além da órbita de Saturno, penetra-se numa zona completamente nova, que é o quarto "anel" do sistema solar. O primeiro é o cinto interno dos quatro planêtas anões; o segundo é o anel dos planetóides que tem mais ou menos a mesma largura dêste; o terceiro é o domínio de Júpiter e de Saturno que òbviamente constituem uma espécie de "constelação dupla", parecem-se muito e provàvelmente são irmãos. Do outro lado de Saturno começa o quarto ou, dizendo melhor, começam o quarto e o quinto anéis, pois em primeiro lugar vêm dois planêtas, que por sua vez apresentam notável semelhança e cujo diâmetro é exatamente cinqüenta por cento menor do que o dos planêtas gigantes. Para além dêsses dois, parece existir um número desconhecido de planêtas menores, dos quais o primeiro foi descoberto em 1930. Supõe-se, porém, que existam outros.

Os intervalos e as distâncias aumentam muito do outro lado de Saturno. Urano está 20 vêzes mais afastado do Sol do que a Terra; Netuno 30, Plutão 40 vêzes. Não se deve ler isto por cima, mas tratar de compreendê-lo: 40 vêzes mais longe do que a Terra, 150 vêzes um milhão de quilômetros e isto multiplicado por 40! Pense-se na ervilha que se acha afastada a 300 metros de uma bola.

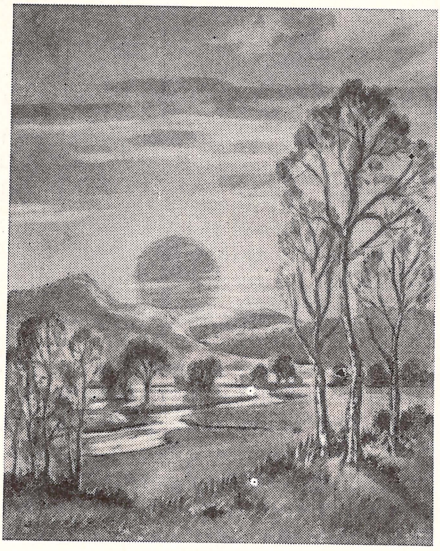
Na Fig. 59 tenta-se dar uma idéia de como o Sol apareceria no céu dos planêtas, se êstes fôssem Terras. Possìvelmente é bem diversa a



1 Mercúrio



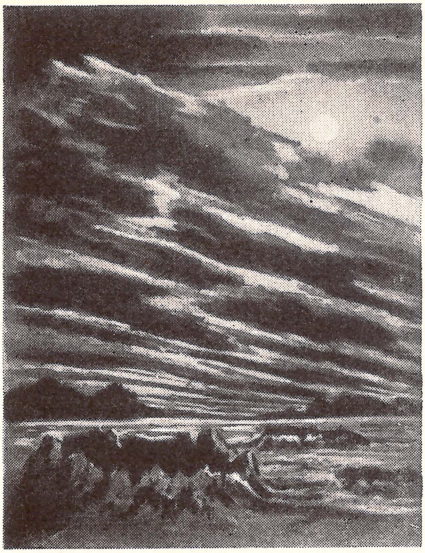
2 Vênus



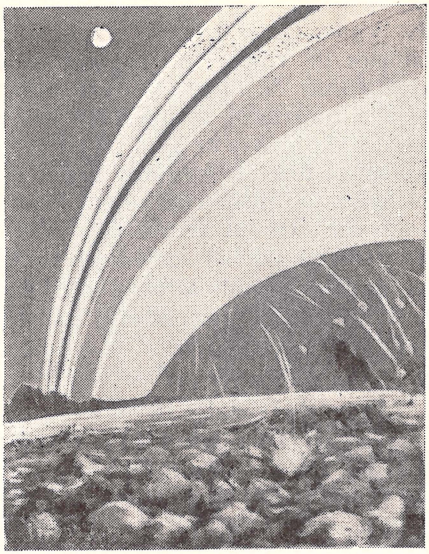
3 Terra

4 Marte

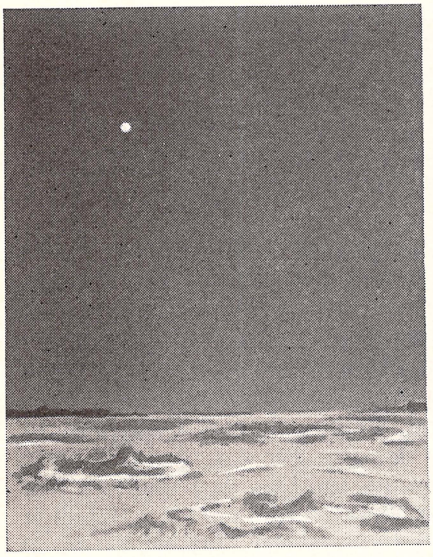
Fig. 59-a — ASSIM SE VERIA O SOL DOS QUATRO PLANÊTAS INTERNOS, SE ÊSTES POSSUÍSSEM ATMOSFERA DA ESPÉCIE DA TERRESTRE.



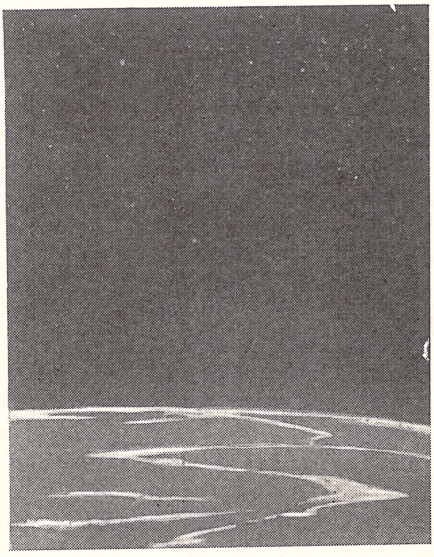
1 Júpiter



2 Saturno



3 Urano



4 Netuno

Fig. 59-b — ASSIM SE VERIA O SOL DOS QUATRO PLANÊTAS EXTERNOS, SE ÊSTES POSSUÍSSEM ATMOSFERA DA ESPÉCIE DA TERRESTRE.

realidade; talvez a luz solar seja filtrada por densas camadas de nuvens, fumaça de vulcões ou vapores de fontes fervescentes, de tal maneira que apesar de fazer sol reine uma obscuridade turva. É possível que seja o contrário; a superfície dos planêtas exteriores pode ser cristalina, serão mares de gêlo ou de hélio. Por isso, diante dessa imagem só podemos dizer o seguinte: assim os homens veriam o Sol, se a Terra atingisse as distâncias dêsses planêtas. A irradiação solar não pode "aquecer" Urano acima de -170^{o} e Netuno acima de -220^{o}. Mas os planêtas podem ter outras fontes de calor: vulcões, fontes quentes ou irradiação radioativa, que os aqueça de dentro. Por isso deve-se ter prudência com expressões e imagens como "globos de rochas mortas" ou "mundos congelados" e também com suposições como "sôbre êstes planêtas não pode haver vida".

Urano mal-e-mal é reconhecível como estrêla de 6.ª grandeza quando está próxima da Terra. Mas não é dado a todos vê-lo por cima de seu telhado. Quando êle desaparece na bruma das latitudes mais profundas do firmamento, leva mais de cinqüenta anos para que apareça do lado oposto, pois a sua revolução demora 84 anos terrestres. Êle é grande, a metade do tamanho de Saturno, mas é leve como todos os planêtas grandes. Sua atmosfera é rica em gases mefíticos, metano, cuja quantidade na atmosfera dos planêtas aumenta com o afastamento do Sol. É notável a anormalidade, por assim dizer, de seu eixo (Fig. 48). Todos os planêtas de Mercúrio e Saturno "estão em pé" como piões no plano do sistema planetário; os seus eixos inclinam-se no máximo para 30^{o} (desvio da eclíptica). Urano, porém, "levou tombo"; o seu equador forma com o plano da eclíptica um ângulo de mais ou menos 80^{o}, e neste ângulo íngreme correm também as suas 5 luas descobertas até hoje, luas pequenas e autênticas, a distâncias médias de 200.000 a 500.000 km.

Urano não foi descoberto uma vez, mas vinte vêzes, até que se tornou reconhecido como planêta. Lemmonier granjearia a imortalidade se tivesse olhado e pensado um pouco melhor, quando, em 1768, teve oportunidade de registrá-lo nada menos que 8 vêzes. Assim estava destinado a Wilhelm Herschel colhêr a glória de ter sido o primeiro a descobrir um planêta com o telescópio.

Vinte anos depois de sua descoberta, Urano achava-se numa posição que diferia da calculada um minuto de arco, que é a trigésima parte da largura da Lua cheia. Desviar-se em um ano $^{1}/_{600}$ da largura da Lua é um êrro intolerável para astrônomos. Bouvard então pôs-se a trabalhar durante alguns anos e forneceu uma nova tabela. Mas depois de 20 anos lá havia novo desvio de posição. Tinha-se então a certeza: Não era o cálculo que estava errado, mas o planêta. Devia haver uma perturbação qualquer. Aparentemente, era um planêta ainda desconhecido que tirava Urano de sua órbita. Dois estudantes que se ignoravam mùtuamente — um na Inglaterra e outro na França, puseram-se a cal-

cular e, naturalmente, chegaram ao mesmo resultado: Devia haver um planêta atrás de Urano, cuja posição se deixava calcular pelas perturbações dêste. Foi o jovem Adams que terminou primeiro os seus cálculos. Enviou o seu trabalho no ano de 1845 para o Diretor do Observatório de Greenwich, pedindo verificação. E, como é de hábito o trabalho de um jovem estudante em vez de ir para o Observatório foi para a gaveta. Leverrier teve mais sorte. Seu trabalho foi impresso por uma revista e chegou também às mãos do Diretor de Greenwich, que passando por êle os olhos, lembrou-se de ter recebido um trabalho idêntico. Resolveu, então, fazer pesquisas no Observatório de Cambridge. Encontrou-se realmente no lugar indicado uma estrêla no dia 4 de agôsto de 1846. Uma semana depois foi visto de novo, mas segundo o princípio inglês "wait and see", ficou-se a esperar para ver. Assim Adams foi burlado em seu direito de prioridade, pois nessas mesmas semanas a Academia de Paris aceitou o trabalho de Leverrier. Êste escreveu ao observatório de Berlim, o qual naquele decênio possuía os melhores mapas dessa região do firmamento e ali o assistente Galle seguiu imediatamente a pista indicada. Na noite entre 23 e 24 de setembro de 1846 foi encontrada, bem próximo ao ponto designado por Leverrier, uma estrêla que não constava no mapa. Acompanhou-se o objeto suspeito e o resultado foi que se tratava de um planêta. Assim Leverrier tornou-se imortal pela descoberta de Netuno. No pedestal do seu túmulo, lê-se uma frase bem francesa: "Ao gênio que com o bico de sua pena descobriu um planêta". Pobre Adams!

Netuno é acompanhado, segundo nossos conhecimentos atuais, por dois corpos. O primeiro é notàvelmente grande, a maior de tôdas as "luas" do sistema planetário. É maior que Mercúrio, dirige-se contra o sentido de rotação do planêta — dois fatos incomuns que provocam desconfiança. O outro é pequeno, 320 km de diâmetro e foi sòmente em 1949 que se deu sua descoberta fotográfica. Até que ponto se justificava a desconfiança contra êsses dois satélites veremos em seguida.

Depois que se observou Netuno durante mais ou menos 50 anos — o seu movimento é muito vagaroso — apresentou-se uma situação como a de 100 anos atrás com Urano, isto é, Netuno tinha a órbita errada. Devia, portanto, correr também atrás de Netuno um perturbador e começou-se a procurá-lo. Não no firmamento, pois isso seria trabalho vão, mas sim no papel. Entre os numerosos caçadores de planêtas estava o astrônomo amador americano, Percival Lowell, homem de grande imaginação e entusiasmo que, à moda louvável de muitos americanos, doou a sua fortuna à ciência e fundara o Observatório Lowell. Êle mandou executar cálculos que duraram anos e quando a devesa no céu se achava determinada, organizou então uma caçada internacional. Êle mesmo não viveu para ouvir as fanfarras, mas quando, no seu observatório, o planêta apareceu nas chapas fotográfi-

cas como estrelinha de 15.ª grandeza, deram-lhe, para imortalizar Percival Lowell, o nome de Plutão, usando-se as iniciais P. L.

Durou quase 20 anos a determinação das dimensões de Plutão por meio de instrumentos modernos. Êle tem quase o tamanho de Marte. A sua órbita é excêntrica, é mais uma órbita de cometa do que de planêta, e ela segue em certos lugares a mesma órbita de Netuno. Imediatamente nos ocorre que Plutão e a grande lua de Netuno talvez sejam planêtas irmãos; e se não seria a lua de Netuno um planêta, que se tenha aproximado muito dêste em sua órbita excêntrica, sendo capturado por êle, formando os dois assim uma "estrêla dupla", de modo que nós, no sistema solar, vemos o exemplo único de um "planêta duplo". Para justificar a perturbação em Netuno, Plutão é muito pequeno. Há outras causas contribuindo para que Netuno se desvie de sua órbita. Os astrônomos põem-se novamente a calcular a posição do próximo planêta. Se existir, não será visto a ôlho nu, e provàvelmente nem em fotografia. É que um corpo a essa distância não recebe mais luz do Sol, e, como êle mesmo não brilha, conserva-se prêto como a noite. Apesar disso tudo, êle será "pescado" no meio da escuridão espacial com uma rêde tecida de números e fórmulas.

7) Os cometas

Dos componentes do sistema planetário, três são constantes e três inconstantes. São constantes: o Sol, os planêtas e as luas. Estão sempre onde deveriam estar de acôrdo com as fórmulas, sendo possível estudá-los quantas vêzes e por quanto tempo se queira. Os inconstantes são: cometas, meteoritos e estrêlas cadentes. Êles aparecem inesperadamente; os cálculos não os precedem como se dá com os planêtas, mas coxeiam atrás dêles e, antes que se compreenda o que se deu, já êles sumiram.

Os cometas são corpos menores ainda que os planetóides. Êles se caracterizam pelas longas elipses que descrevem ao redor do Sol. Em conseqüência disso êles se afastam de tal maneira, na maior parte de sua trajetória, que se tornam invisíveis. Sòmente quando se aproximam do Sol e começam a brilhar sob sua influência é que se mostram à vista. Suas órbitas podem ser tão extensas que se passam milhares de anos antes que tornem a voltar, pois a sua rapidez diminuiu tanto com o afastamento do Sol, segundo as leis da queda dos corpos, que um automóvel poderia correr ao lado de um cometa distante do Sol. Mas a natureza é paciente. Certo dia a linha arqueada o traz de volta e então a sua velocidade, como a da queda de uma pedra que se atira bem alto para o ar, aumenta, primeiro, devagar e, depois, cada vez mais ràpidamente, acabando êle por lançar-se em direção ao Sol com tal ímpeto que o contorna em algumas horas (Fig. 60).

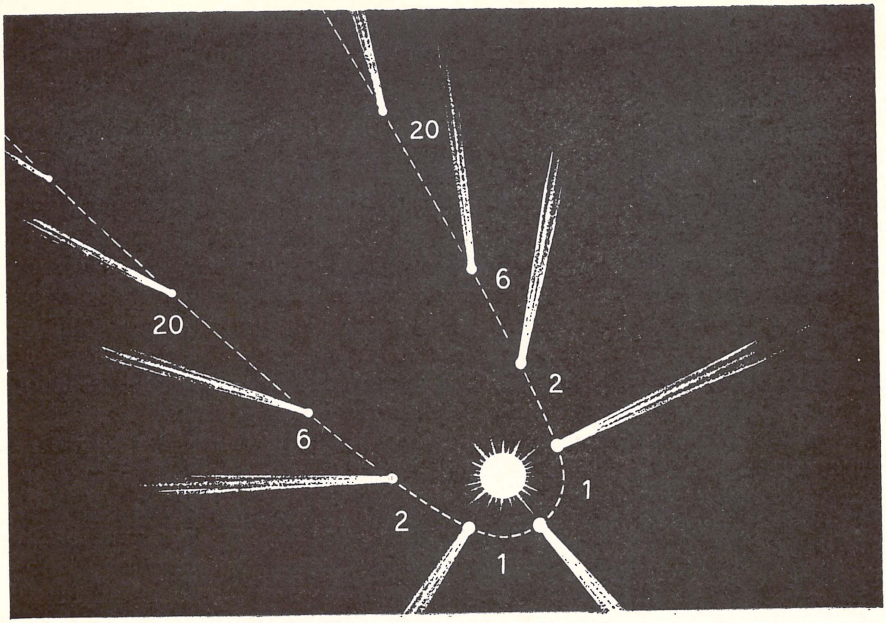


Fig. 60 — Os cometas são corpos de natureza enigmática que, das profundezas do espaço, correm em direção ao Sol, primeiro devagar, depois com velocidade crescente até se tornar vertiginosa. Com a pressão da irradiação da luz êles desenvolvem uma cauda cada vez mais comprida de matéria estranhamente rarefeita que fulgura como luz baça. Os números indicam as horas que o cometa levou para percorrer os diversos trechos.

Por meio de fotografia e telescópio descobre-se de semanas em semanas um cometa em qualquer parte. Mas a sua posição pouco favorável em relação à órbita da Terra ou a amplitude de sua curva que o leva a grande distância ao redor do Sol, deixa o cometa invisível para nós, habitantes da Terra. Os cometas brilhantes são tão raros que quem teve a oportunidade de contemplar tão magnífico espetáculo uma vez na vida pode considerar-se de sorte.

O que são os cometas, não sabemos. Temos pena de quem está encarregado de nos informar a respeito. É também inútil discutir sôbre o assunto, pois não há sequer certeza de que êles sejam membros do sistema planetário ou "hóspedes" eventuais vindos do universo. Os persas têm uma bela sentença a respeito: "A pedra que não podes levantar, não a maldigas; beija-a e deixa-a onde está".

Quando os cometas voam em estado frio a grande distância do Sol, presumìvelmente nada mais são do que blocos volantes que provàvelmente nem sequer o nome de "rocha" merecem, pois parecem tão leves como pólvora. Em 1770 um cometa aproximou-se da Terra a quase

2.000.000 km. Ainda que êle contivesse um milionésimo de massa da Terra, ter-se-ia notado uma "perturbação". De outra vez viu-se um cometa atravessar a região de Júpiter; mesmo nas luas não se notava a menor perturbação. Os cometas são inofensivos vagabundos do universo e não é preciso, como aconteceu em 1465, quando apareceu um cometa, fazer preces oficiais nas igrejas: "Protegei-nos do demônio, dos turcos e dos cometas".

Quando o cometa se aproxima do Sol, começa a brilhar como "núcleo" e se envolve em sua auréola a que se dá o nome impróprio de "cabeça". Esta lança, aparentemente, sob a pressão da irradiação solar, uma sombra reluzente geralmente desviada do Sol, mas às vêzes dirigida para êle, que se pode denominar de "aurora boreal", sendo essa matéria incandescente tão rarefeita que o brilho das estrêlas a penetra. Ao aproximar-se do Sol, a cabeça brilhante torna-se menor e a sua cauda maior. Quando o cometa se afasta, a cauda encurta e a cabeça engrossa novamente.

A "auréola" em volta do núcleo pode aumentar até o tamanho de 3 discos de Lua, e clarear tanto que se pode vê-la ao meio-dia ao lado do Sol. A cauda, porém, pode ir do Sol até Netuno, como se um farol estivesse iluminando o oceano. Como se trata de um núcleo diminuto que envia essa luz através de dimensões monstruosas, só podem pairar poucos átomos na unidade do espaço. Possìvelmente nem são átomos do cometa os que aí brilham e sim os do espaço que êle põe em vibração. Entre os gases que se iluminam encontra-se, o que é curioso, óxido de carbônio ionizado. O mais popular é porém, o cianogênio, que se tornou o gás do "fim do mundo".

Quando em 1910, a Terra teria de atravessar a cauda do cometa Halley, houve um pânico mundial em meio daquela necessidade de sensação e sadismo. Através de uma avalanche de artigos, o público foi informado da iminência da "execução da humanidade" pelo "mais horrendo de todos os venenos". Milhares de indivíduos prepararam-se para a morte com tôda a seriedade, as igrejas ficaram cheias e quando chegou a noite anunciada, as vítimas achavam-se em suas camas e contavam os seus "derradeiros minutos" no relógio. Desde há dias todos procuravam descobrir um eventual cheiro de cianogênio, mas êste não tem cheiro, sobretudo porque não existe. Uma cauda de cometa é mais rarefeita do que o vácuo de um tubo Crook. No pudim de amêndoas há mais cianogênio do que na milha quadrada da cauda de um cometa.

É claro que um corpo tão diminuto como o de um cometa não leva avante um dêsses fogos de artifício impunemente. Êle perde massa. Experimenta a curta vida de glórias de um prodígio. Em 1826, o oficial austríaco Biela descobriu um cometa, cujo tempo de revolução era inferior a 7 anos (Fig. 61, à direita, em baixo). Em 1845 êle dividiu-se em duas partes diante dos olhos dos astrônomos. Quando voltaram,

em 1852, achavam-se separados a uma distância de mais de 2.000.000 km. Desde êsse tempo, não mais foram vistos. Mas em 1885, data em que deviam regressar, choveram estrêlas cadentes ou meteoros.

Os meteoros são a cinza que resta dos cometas. São grânulos de pó que no máximo pesam alguns gramas ou até mesmo se compõem de alguns átomos apenas. Quando entram na atmosfera ionizam, em 100 km de altitude mais ou menos, os átomos do ar. O que vemos como meteoro ou estrêla cadente não é o grãozinho de poeira cósmica, pois êste é pequeno demais para ser visto a tal distância; o que vemos é

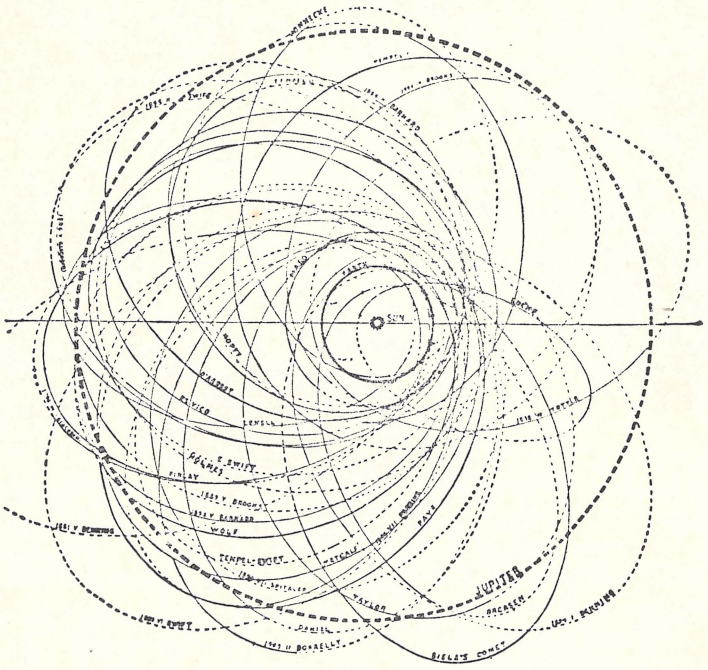


Fig. 61 — A FAMÍLIA DE COMETAS DE JÚPITER. A família de cometas de Júpiter é composta de mais ou menos 100 cometas que Júpiter desviou e capturou, de modo que anualmente êles pendulam entre o Sol e a órbita de Júpiter. Devido à rapidez da revolução e à sucessiva perda de massa, aos diversos cometas só está reservada existência curta, porém êles se suplementam por novas entradas. Sun, no centro, é o Sol; a grossa circunferência, no centro, é a órbita da Terra; a linha interrompida externa é a órbita de Júpiter.

o efeito luminoso que deixa em seu rasto, semelhante ao eléctron que, mesmo na câmara de Wilson, não se torna visível, mas em sua passagem condensa as moléculas de vapor d'água em gotas visíveis.

Avalia-se que chovem diàriamente 100 milhões de estrêlas cadentes dentro da atmosfera terrestre. Nas épocas em que a Terra atravessa a cauda de cometas desaparecidos, êsse número aumenta. São conhe-

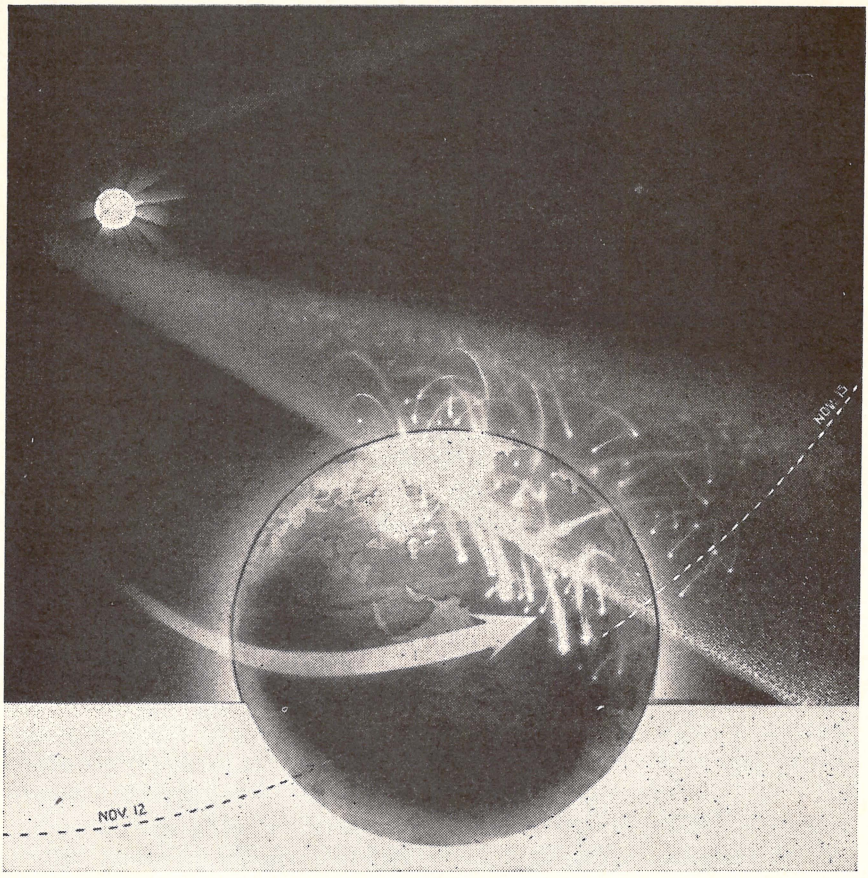


Fig. 62 — ESTRÊLAS CADENTES. A Terra no decorrer do ano cruza órbitas de cometas esboroados. Os grãos de "poeira de cometa" incandescem nas camadas externas da atmosfera: são as estrêlas cadentes ou meteoros luminosos.

cidos os dias de agôsto em que, provenientes de Perseu, choviscam as Perseidas, e os dias de novembro em que, provenientes do Leão, choviscam as Leónides (Fig. 62). Também estas não são bandos volantes em cujo retôrno, através dos milênios, se possa confiar. Os grandes grupos observados em 1799, 1833 e 1866 e que Alexander von Humboldt descreveu tão bem, enfraqueceram desde êsse tempo. Ou se dispersam, ou a sua trajetória se desvia, de modo que a Terra em sua viagem anual não se cruza mais com o bando. As estrêlas cadentes contam-nos verdadeiras fábulas: "Era uma vez um cometa..."

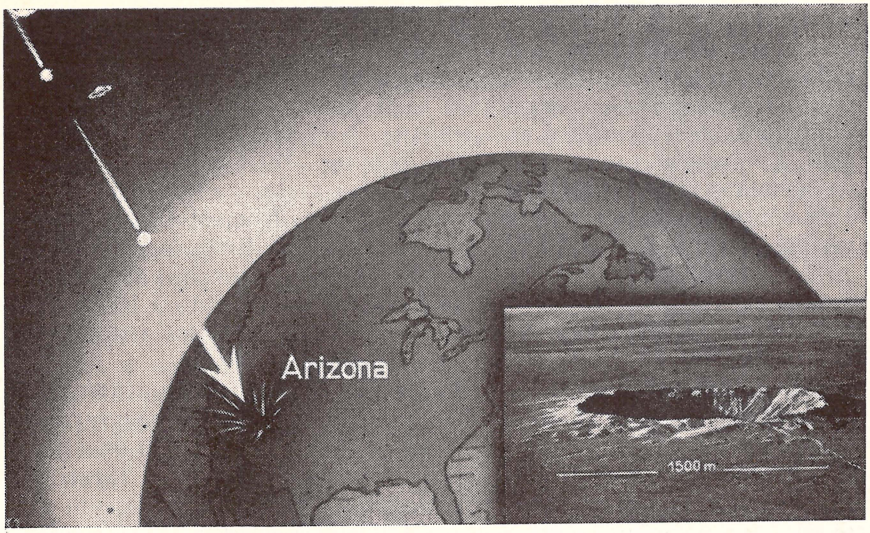


Fig. 63 — CRATERA METEÓRICA. Denominam-se assim os pontos de impacto dos meteoritos, isto é, corpos celestes que se precipitam sôbre a Terra. No Arizona há uma cratera de 1,5 km de diâmetro; consta que na África Central, Sibéria e Canadá existem ainda maiores.

8) Os aerólitos ou pedras meteóricas

Quando em 1800 caiu uma saraiva de pedras em pleno dia, numa aldeia da Gasconha e se enviou um relatório do fato com 300 assinaturas para a Academia de Ciências de Paris, respondeu esta o seguinte: "A Academia lamenta verificar que nesta nossa época tão esclarecida (!) ainda existam pessoas tão supersticiosas que acreditam na possibilidade de caírem pedras da abóbada celeste". Quando em 1807 caiu uma pedra dessas em Connecticut e dois professôres pediram permissão ao Govêrno para desenterrá-la, o Presidente Jefferson recusou, fazendo a seguinte observação: "É mais provável que dois professôres ianques estejam mentindo do que cair uma pedra do céu".

É claro que caem pedras do céu, diàriamente, em cada hora e no decorrer da história da Terra devem ter sido milhões, das quais só se conservou uma pequena percentagem, pois a maioria é constituída de ferro. O ferro enferruja e por isso é que com as pedras meteóricas se verifica o mesmo que com os esqueletos dos sáurios ou dos homens pré-históricos: Quase não se encontram mais nas zonas úmidas, mas há muitos nas zonas sêcas e não é por acaso que a mais famosa cratera meteórica da América do Norte se encontra na paisagem árida do Arizona (Fig. 63). Também em regiões cobertas de gêlo e onde o solo é álgido conservam-se crateras meteóricas. Uma destas, que é quatro

vêzes maior que a do Arizona, acha-se no norte do Canadá e foi fotografada de avião. Essa cratera contém um lago congelado e teria alguns milhares de anos de idade. Dois terços da totalidade das pedras meteóricas caem no mar para nunca mais serem vistas. A época glacial também acabou com êles radicalmente, pois até onde se estendeu o gêlo, já quase não se encontra mais nenhum. Duas gigantescas massas de meteoros caíram sôbre terras russas nas últimas décadas, uma em 1908 sôbre a Sibéria que, com a pressão de ar desenvolvida na queda, varreu simplesmente a floresta a quilômetros de distância e outra em 1947, ao norte de Vladivostock. Êsse corpo em movimento ao penetrar a atmosfera resplandeceu de tal modo que pôde ser visto à luz do Sol, ardendo com mais fulgor, causando um ruído que se ouvia a mais de 200 quilômetros.

Apesar de chamejantes, as pedras meteóricas não são quentes, pois elas vêm do espaço universal e os poucos segundos de viagem pela atmosfera não são suficientes para aquecê-las, mas sim pelo contrário: o frio que vem do interior apaga ràpidamente a brasa da superfície. Logo depois que o meteoro cai é possível tocá-lo. Na Índia, um meteoro caído no môrno e úmido jângal cobriu-se de gêlo. Mesmo que o meteoro se despencasse sôbre um carro de feno sêco, êste não se incendiaria.

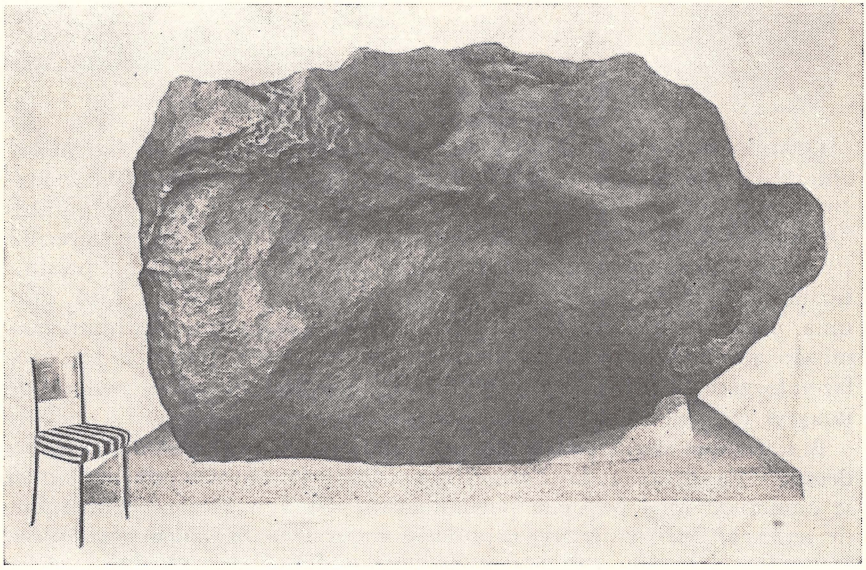


Fig. 64 — PEDRAS METEÓRICAS. São assim denominados os restos fundidos dos meteoritos encontrados no solo terrestre. Êsse bloco de ferro meteórico está exposto no Museu de História Natural de Nova York e tem um diâmetro de 3 m. No Saara haveria um bloco do tamanho de um monte. As pedras meteóricas são importantes "mensageiros do universo".

Depois de tudo que se sabe acêrca do universo, não admira que as pedras meteóricas não sejam essencialmente diferentes dos minerais e rochas da Terra. Algumas apresentam os característicos da pedra, outras se constituem de um misto de ferro e níquel. Quando se pule a superfície cortante, aparece uma rêde como num tecido, constituindo êste fato um meio para se verificar a autenticidade de um meteoro. Mediante pesquisa espectroscópica foi possível diferenciar nas pedras meteóricas 50 elementos (Fig. 64).

Pelos resíduos do urânio radioativo, do hélio e do isótopo característico "chumbo-urânio" é possível determinar a idade de uma pedra meteórica com certa segurança. Nenhuma pedra cuja idade ultrapassasse 7.000 milhões de anos veio às mãos dos pesquisadores. Os aerólitos ou pedras meteóricas são os selos na certidão de nascimento do universo. Cai algo do firmamento, ardendo em brasa, chiando como lacre e imprimem-se no globo terrestre como sinêtes. Corre-se para ver, lê-se a gravação e eis que se sabe: nascimento do universo, há sete mil milhões de anos.

Capítulo XIII

A TERRA E A SUA LUA

1) A Terra — uma esfera girando irregularmente pelo espaço

Todos os corpos celestes maiores são esferas, não porque se trate de "bolas de gás esfriadas", mas porque o material é elástico. Se déssemos à Terra a forma de um dado, as arestas se retrairiam sob a influência da fôrça de atração. Os corpos celestes não se deixam destruir. Se uma montanha fôsse atirada contra a Lua, esta não rebentaria, mas a sua elasticidade absorveria a montanha como um cão que apanhasse o seu bocado.

No círculo seleto de cientistas que viveram nas ilhas do Mediterrâneo e foram conhecidos como pré-socráticos, na maioria "emigrantes", que devido à sua "liberdade de espírito" se achavam exilados pelos seus concidadãos, não se discutia sequer o fato de a Terra ser um globo. Pitágoras (550 a. C.) ensinava que o mundo todo tinha a configuração de uma esfera, que provinha de um sol central (Kant-Laplace!) e "que a Terra pairava no centro, ela mesma uma esfera povoada de gente por todos os lados". Aristarco (250 a. C.) ensinava mesmo que a Terra se movimentava em tôrno do Sol. O seu contemporâneo Eratóstenes realizou o admirável trabalho de calcular as dimensões

dessa esfera pelo seguinte método engenhoso: Êle comparou o comprimento da sombra de uma vara ao meio-dia no baixo Egito e outra de igual tamanho no alto Egito. Chegou ao resultado espantosamente correto de 46.000 km de circunferência. O pequeno êrro de 15 % não se atribui ao seu cálculo, mas à inexatidão dos marcos miliares que indicavam a distância entre Alexandria e Luxor com uma diferença de 1 km a menos.

A Terra não é uma esfera perfeita, e sim um pouco bojuda no equador. No equador se está a 22 km mais longe do centro da Terra do que nos pólos. Isto é tão pouco que mesmo um jogador de bilhar não acharia defeito na bola com a configuração da Terra.

Existe ainda outra deformação da Terra. O diâmetro que aponta para a estrêla Capela tem o encurtamento de 32 m. Se o Cocheiro fica verticalmente acima de nós, estamos a 16 m mais próximos do centro da Terra do que 6 horas antes. Supõe-se que se trate de um encurtamento relativista, causado por um movimento por nós ainda desconhecido do sistema da Via-Láctea, de 750 km/seg no espaço universal, pois os corpos se encolhem na direção de seu movimento.

Uma terceira deformação é o "fluxo e refluxo da terra firme". O Sol e a Lua atraem a Terra. Os oceanos avolumam-se, atingindo alturas visíveis e duas massas de água correm ininterruptamente em tôrno do globo terrestre. Mas também o "firme" globo terrestre ao seu redor sofre a atração; diàriamente duas vêzes corre uma onda, que eleva a crosta no equador 50 cm. Se pudéssemos prender a nossa mesa ao centro da Terra por meio de uma coluna isolada, veríamos no ritmo de 12 horas descer e subir o chão, nos pés da mesa.

Se formos do pólo ao equador, perdemos pêso. Em primeiro lugar afastamo-nos do centro da Terra e a fôrça de gravidade diminui. Em segundo lugar, aproximamo-nos das órbitas do Sol e da Lua, que nos puxam para cima. Em terceiro lugar, aumenta a fôrça centrífuga que, como a de um carrossel, tenta atirar-nos para fora. Chegados ao equador, colocamo-nos numa balança — mas esta não acusa diminuição. Isto é natural, pois não só nós, mas tudo o mais, se tornou mais leve, também a balança e os pesos. A fôrça centrífuga é considerável. Se a Terra se movesse com o dôbro da velocidade, tudo o que não estivesse bem pregado a martelo, saltaria para o espaço.

O carrossel planetário, Terra, gira ràpidamente. Enquanto lemos esta página, viajamos cêrca de 100 km para o leste. Se atirarmos uma granada na direção norte-sul, ela não vai parar onde a balística determina pelos cálculos, pois a granada em seu vôo veloz mantém a rapidez do ponto de partida. O ponto em que ela cai, porém, tem uma velocidade de rotação menor quando está ao norte e maior quando está ao sul. Portanto, o projetil quando vai em direção norte tem um desvio leste, e quando vai para o sul seu desvio é oeste.

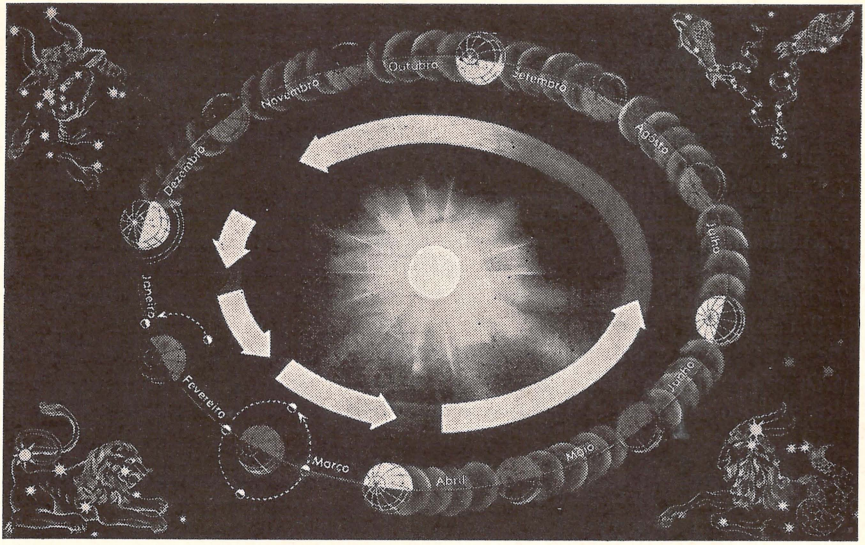


Fig. 65 — A TRANSLAÇÃO ANUAL DA TERRA. As flechas cada vez mais compridas indicam: o dia, a semana, o mês, a estação, o ano. Observe-se o Pólo Norte e note-se a sua posição no início das estações do ano. Nos cantos vêem-se quatro constelações do zodíaco para demonstrar as relações entre elas, a Terra e o Sol. O Sol em fevereiro, visto da Terra, está "nos peixes", em agôsto "no leão", etc.

A rotação da Terra em tôrno de seu eixo é o nosso "dia" (Fig. 65). Verifica-se a sua duração, determinando o momento em que uma estrêla passa a linha mediana do campo de visão de um aparelho perfeitamente fixo e orientado para o norte-sul de modo exato. Com isto já se descobriu há muito tempo que a Terra não é um relógio tão certo que possa servir aos astrônomos. Ora ela gira mais depressa, ora mais devagar. Em 1878 o relógio terrestre começou a atrasar-se; o dia encompridou-se 0,003 seg. De 1890 em diante tornou a girar mais depressa e pela volta do século XX ela adiantou-se 12 seg, o que é uma diferença considerável. No decorrer da década seguinte o êrro corrigiu-se, mas entre 1912 e 1918 ela retardou de novo a sua rotação, de modo que o relógio terrestre em 31 de dezembro de 1918 atrasava 25 seg.

As causas não estão esclarecidas. Muitos são os motivos que se podem imaginar. Ouviremos falar na hipótese de que a crosta da Terra escorregue de um lado para outro sôbre o magma líquido, desviando-se com isso uma vez para a frente e outras para trás.

Como não se pode confiar na Terra como relógio, emprega-se como o "melhor relógio do mundo" um oscilador de chapas de quartzo que, introduzido num tubo de 9 m de comprimento, mantém em oscilação o gás amoníaco. Êste vibra com 23.870.100.000.000 oscilações por segundo. Diz-se que no caso menos propício imaginável êsse relógio teria

que trabalhar 317 anos até que um êrro de segundo se possa manifestar. Um homem poderia deitar-se para dormir mil anos, sem temer ser acordado meio minuto sequer mais tarde ou mais cedo.

A Terra gira não só irregularmente em tôrno de si mesma, como também corre irregularmente em volta do Sol, pois a sua distância varia no decorrer do ano perto de 4.000.000 km. Com a distância variam a fôrça de atração e o pêso e, com isso, a velocidade. Quando reina o inverno no hemisfério norte do globo, a Terra está próxima do Sol e corre mais depressa. O semestre de inverno por isso tem menos 7 dias do que o semestre de verão, o que ocorre a pouca gente: são 179 contra 186. Por isso o inverno dura mais no hemisfério sul do globo terrestre e o verão no hemisfério norte. Como a Terra está mais próxima do Sol durante o inverno do norte, o inverno na parte norte do globo é também um pouco menos frio.

O eixo em tôrno do qual a Terra se move está inclinado de 23°. Essa inclinação do eixo da Terra causa a mudança das estações; estas por sua vez são o motor do tempo e êste determina o clima. Falou-se muito acêrca das relações dêsse ângulo com o destino do planêta, dizendo-se com razão o seguinte: com 5° mais ou 5° menos o nosso planêta teria outra feição e a história do mundo terreno tomado um rumo completamente diverso.

As extremidades do eixo da Terra são "os pólos tranqüilos na passagem dos fenômenos" só se tomarmos estas palavras num sentido amplo. Nada menos que uma dúzia de perturbações são conhecidas que tiram o eixo da Terra de sua posição regular, periòdicamente umas, e em intervalos irregulares outras. Com efeito, o eixo já não é sujeito a grandes migrações há várias centenas de milhões de anos, e não são mais de esperar. As teorias de extensas migrações dos pólos, com que no início do século os espíritos tanto se preocuparam, e entre as quais nos fascinou especialmente a "teoria da oscilação pendular", estão postas *ad acta*. O que se considerava migrações dos pólos (nutação) são os da crosta terrestre ou dos continentes (pág. 214 e fig. 79). Os movimentos atuais do eixo da Terra são pequenas oscilações que correspondem aos balanços do navio quando no mar tranqüilo (Fig. 66). O interessante nessas oscilações dos pólos não é a oscilação, que pràticamente não se manifesta, mas é o fato de que o cérebro humano foi capaz de a descobrir. O matemático suíço Euler foi um dos maiores gênios matemáticos de todos os tempos. Das órbitas do Sol, da Terra e da Lua concluiu que em cada 428 dias se verificava uma perturbação do movimento da Terra. Estimulado por seus cálculos formou-se uma comissão e é quase inútil acrescentar: desde que Euler encontrara as perturbações no papel, também a comissão as encontrou no globo terrestre.

Na escola aprendemos que a Terra atrai a Lua. Isto porém é sòmente a metade da verdade; a Lua também atrai a Terra. Como a Lua possui $^1/_{80}$ de sua massa, ambas giram, como Sírius e o seu satélite, em tôrno de um ponto de rotação comum aos dois. Êste ponto

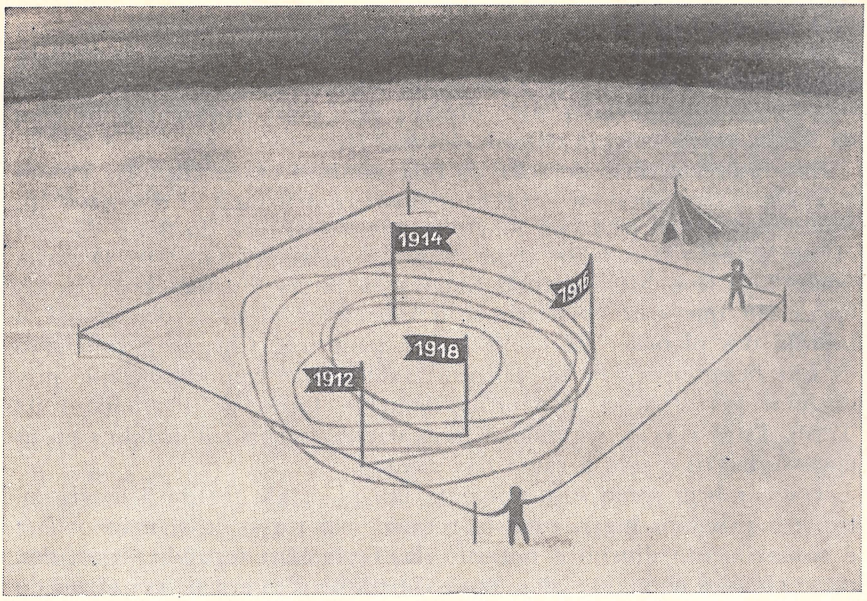


Fig. 66 — OS PÓLOS IRREQUIETOS. O eixo da Terra realiza muitos movimentos: em parte de longa e em parte de curta duração. Em conseqüência dêsses movimentos e da migração das geleiras não é possível indicar com exatidão a posição dos pólos; só se pode dizer que os pólos se encontram no enquadramento de um espaço que possui mais ou menos as medidas de um campo de tênis (segundo o modêlo de uma revista francesa).

está sôbre a linha dos dois centros a $^1/_{80}$ de distância da Lua do centro da Terra, portanto, mais ou menos 1.000 km sob a superfície da Terra. Não é um ponto fixo, pois dá voltas com a posição da Lua. Não é, portanto, o centro da Terra e sim o ponto que descreve êsses círculos que gira em tôrno do Sol. Conforme a Lua esteja para a frente ou para trás, dentro ou fora da órbita da Terra, ela puxa esta de um lado para outro, como o cão ao dono no passeio. Mas a Lua não se movimenta exatamente no plano do equador, pois a sua órbita corta êste, de modo que ela ora está ao norte, ora está ao sul. Em conseqüência, a Terra não só é atraída por ela para a frente, para trás e lateralmente, como também para cima e para baixo. O navio do espaço "Tellus" anda como um vapor. Êle não balouça sòmente para os lados, não é apenas ora impulsionado para a frente, ora freado, mas também se ergue e abaixa, como se cortasse as ondas.

Sôbre a metade do globo em que reina o verão, o ar é mais leve e mais môrno. A diferença de pêso é de 14.000 milhões de quilogramas arredondados. Como um navio cuja carga se desloca durante a viagem, assim o globo terrestre, com a estação do ano, se inclina para o lado mais pesado; é tão pouco que não se ousa dizê-lo, mas os astrônomos registram também essa "perturbação".

O Sol não se acha firme no ponto de rotação do sistema, mas em 40.000 anos descreve um círculo pelo qual a sua posição se desloca anualmente 60 km. A órbita da Terra segue a posição do Sol.

A "inclinação da Eclíptica", causada pela posição inclinada do eixo da Terra, oscila em um ciclo de 110.000 anos.

Naturalmente, além do Sol e da Lua, também outros planêtas atraem a Terra. Essas fôrças de atração mudam com a posição dos planêtas, conforme estejam perto ou longe, na mesma direção do Sol e da Lua ou em direção oposta, se ajam conjunta ou contràriamente. O astrônomo iugoslavo Milankovitch impôs-se a tarefa gigantesca de, numa época em que não havia ainda o calculador elétrico, determinar a posição dos planêtas até 650.000 anos para trás. Chegou à conclusão de que nesse espaço de tempo ocorreram quatro constelações que produziram perturbações extraordinàriamente fortes no movimento da Terra. Estas épocas, segundo os seus dados, teriam coincidido com as épocas glaciais e sido a causa das mesmas.

Todos sabem como se movimenta um pião. Êle realiza 3 movimentos; em primeiro lugar, executa rotações em tôrno de si mesmo; êste é o movimento diurno e noturno da Terra. Em segundo lugar, descreve círculos enquanto gira; essas são translações anuais em tôrno do Sol. Em terceiro lugar, enfim, a posição de seu eixo oscila, descrevendo círculos; êsse movimento circular do eixo chama-se "precessão". O pólo norte descreve em cada 26.000 anos um círculo. Em conseqüência dêsse movimento circular, o ponto em que no dia 21 de março o eixo da Terra se acha na posição vertical para o plano da órbita terrestre, o "ponto da primavera", avança cada ano 50,3 minutos de arco para o oeste. Êsse número é interessante. O Sol e a Lua atraem o "ponto da primavera" 50,4 minutos em direção oeste; os planêtas o puxam 0,1 minuto a leste. Por conseguinte, resta um avanço de 50,3 para oeste. Como um círculo possui 60 vêzes 360 minutos, o ponto da primavera gira no decurso de 25.800 anos uma vez. Se deixássemos o nosso calendário sem correção, a "primavera" passaria vagarosamente pelos meses, como acontece entre os árabes com a festa de Ramadão. Nós, porém, mantemos por correção o dia 21 de março como o em que a eclíptica e o equador terrestre coincidem, e deixamos o céu caminhar. No tempo de Abraão, o Sol achava-se no dia 21 de março na constelação do Touro (canto superior esquerdo da Fig. 65), portanto ali onde o vemos agora em junho. No tempo de Cristo estava no Carneiro. Hoje está nos Peixes (canto superior direito da Fig. 65). No decorrer do próximo século o ponto primaveril do Sol irá para o Aquário. O pólo norte aproxima-se atualmente da estrêla polar. No decorrer do próximo século êle a atravessará. Em 12.000 anos êle estará na direção de Vega e depois descreverá uma curva e voltará. Nós vivemos sôbre um pião, cujas rotações são nossos dias, cujos círculos são nossos anos, cuja oscilação de eixo é o ano 26.000 de sua precessão.

2) A órbita da Lua — a linha mais complicada e por isso mais estudada na ciência

A Lua é o corpo celeste mais próximo de nós. Segundo os conceitos astronômicos ela se acha dependurada diante de nossa janela como um ninho de pássaro. É pequena, fria, e não está envolvida por nuvens nem atmosfera, e vemos tudo nela tão nìtidamente que poderíamos descobrir um transatlântico. Há 300 anos milhares de olhos ávidos de ciência a perscrutam com telescópios como vigias a um suspeito. Seria de acreditar que muito sabemos sôbre ela — mas não, a investigação lunar não trouxe "resultados soberbos", pelo contrário. A ciência com tôda a sua arte de calcular, os seus instrumentos gigantescos e todo o esfôrço infinito de milhares de observadores e fotógrafos acabou capitulando. A essa figura de rei no xadrez celeste, não conseguimos dar xeque-mate. Admiramo-nos menos disso quando sabemos dos curiosos saltos que ela realiza entre as figuras das constelações. Poderia acreditar-se que, para astrônomos que se acham habituados a calcular a posição de estrêlas invisíveis a distâncias de séculos-luz, deveria ser brinquedo determinar a órbita da Lua. Mas vejamos em três minutos qual é a tarefa do astrônomo nesse mister.

Em primeiro lugar, lembremo-nos que o Sol não está parado. O seu movimento "real" não pode ser estabelecido fundamentadamente. Mas o diâmetro do globo terrestre é encurtado na direção de Capela, e êsse fato explica-se como um encurtamento relativista, causado por um movimento de 300 km/seg. Com esta velocidade a Via-Láctea parece voar pelo espaço. Na parte interior da Via-Láctea gira o Sol a 120 km/seg em tôrno do centro da mesma; além disso êle segue a 17,7 km/seg ao encontro de um ponto em Hércules. Finalmente, em cada 40.000 anos, êle circunda o centro do sistema. Isto é, portanto, o Sol que, como dizemos, "repousa no centro do sistema solar". Na Fig. 67 essa trajetória solar desconhecida, mas em todo caso extremamente enredada, se simplifica em flecha reta. Em tôrno dessa linha, na verdade embaraçada como um nó de fio de linha, a Terra faz o seu movimento de translação, descrevendo quaisquer espirais que não são absolutamente determináveis matemàticamente, e que se acham designadas pelos números dos anos 1900, 1901, etc. Ao descrever essas espirais, a Terra é circundada pela Lua que, enquanto a Terra forma a espiral de um ano, percorre de 12 a 13 pequenas espirais de meses. Já o esbôço muito simplificado e que só conta um décimo da verdade, apresenta uma imagem excitante, diferente da concepção comum que temos da órbita circular da Lua em tôrno da Terra. Quanto mais interessante seria ainda se nos fôsse possível traçar um esbôço mais "exato".

A essência de todos os movimentos de translação é a queda; o Sol "cai" para o centro da Via-Láctea, a Terra para o do Sol, a Lua para o da Terra; mas não atingem o seu objetivo, pois não sòmente caem como simultâneamente acompanham o vôo da totalidade do sistema. A Lua está afastada 400.000 km; ela pesa $^1/_{80}$ da Terra; se ambas parassem, agora, ela cairia sôbre a Terra com uma velocidade inicial de

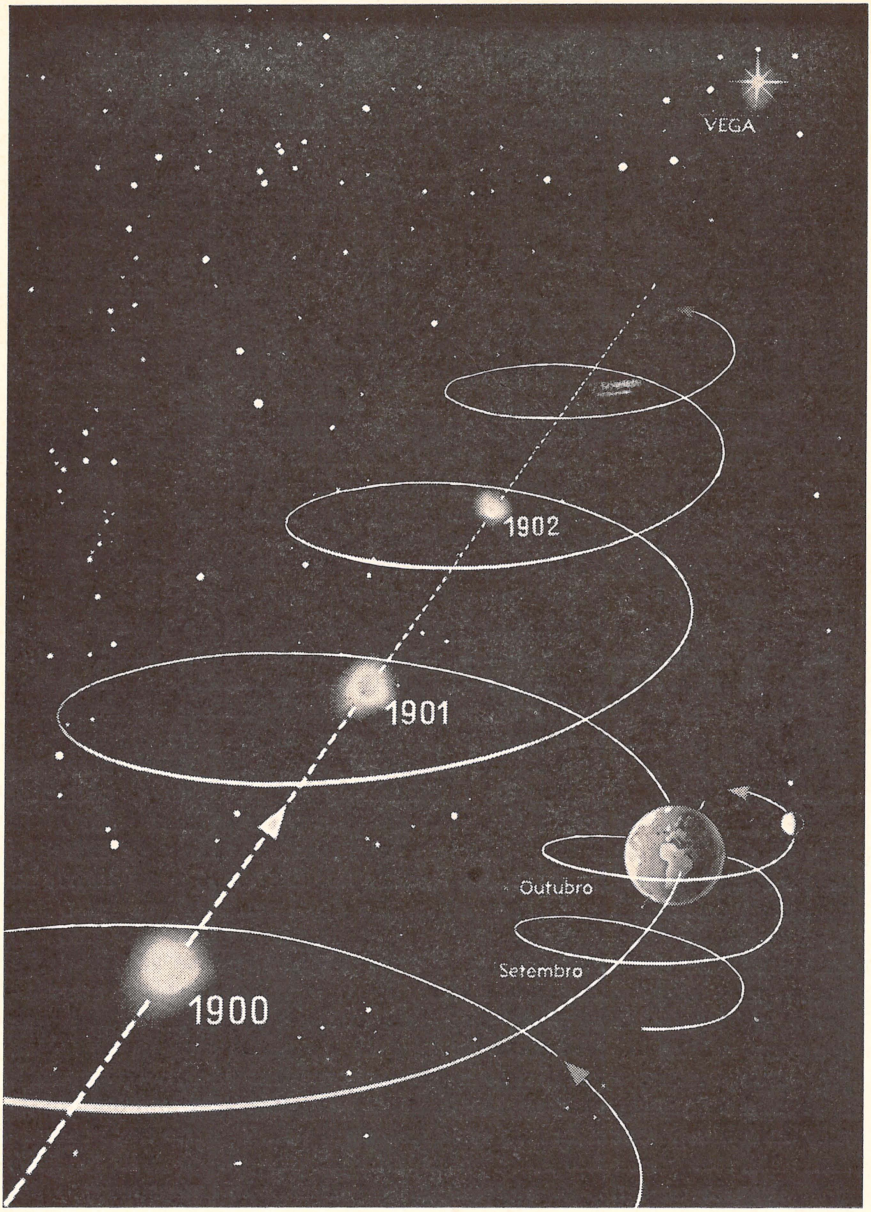


Fig. 67 — A "VERDADEIRA" ÓRBITA DA TERRA E DA LUA. O Sol se movimenta pelo espaço, enquanto a Terra o circunda. Por conseguinte a órbita da Terra não é um círculo como costumamos desenhá-la e sim uma extensa espiral. Enquanto a Terra segue por essa espiral é contornada pela Lua que, portanto, dentro da grande espiral, vai traçando espirais menores (segundo um modêlo de Larousse).

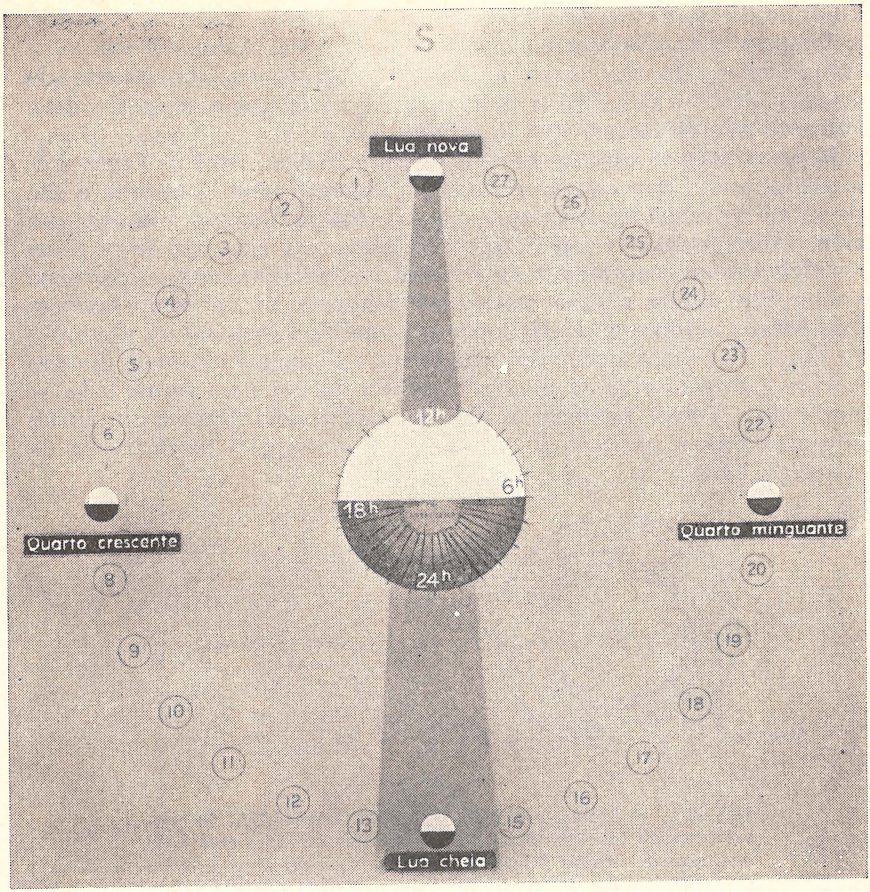


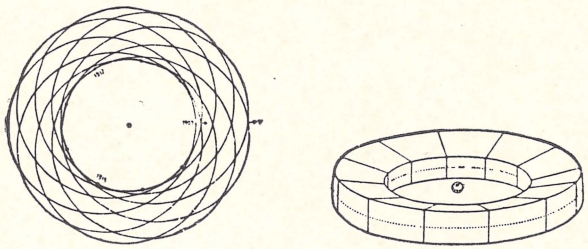
Fig. 68 — FASES E ECLIPSES DA LUA. A Lua contorna a Terra em mais ou menos 28 dias e nos aparece, conforme a sua posição diante do Sol, em diversas "fases". Os eclipses do Sol (em cima) só podem dar-se, como se vê, nos dias de lua nova, quando o disco lunar cobre o disco solar. Os eclipses da Lua (em baixo) só se verificam com lua cheia, quando a Lua atravessa a sombra da Terra. Os eclipses solares duram minutos, os lunares horas.

0,25 mm/seg. Mas ela não cai, pois se movimenta numa velocidade de 1 km/seg em tôrno dà Terra. Da combinação do movimento próprio com a velocidade de queda resulta a translação.

Como tôdas as órbitas do sistema solar, a da Lua também não está exatamente centralizada. Ela se aproxima da Terra em cada mês 20.000 km e do mesmo modo afasta-se na mesma proporção do centro. Na distância de 400.000 km isso corresponde a 10 %. Se a Lua está, no eclipse do Sol, distante da Terra, o seu disco não é suficiente para cobrir o Sol, e então em vez de um eclipse total verifica-se um parcial, em forma de anel (Fig. 68).

Com a distância varia a atração e com esta a rapidez de sua "queda". A Lua em cada dia tem uma velocidade diversa. Além disso, a velocidade de queda varia com a sua aproximação ou afastamento do equador da Terra, pois êste está alguns quilômetros mais perto dela. Em cada mês ela o atravessa duas vêzes.

A Terra não só atrai a Lua, mas esta também atrai a Terra. Por conseguinte a Terra em sua órbita não descreve uma linha reta e sim uma linha ondulada, visto que a Lua atrai a Terra ora numa, ora noutra direção. Como a posição e a distância da Lua variam, a linha é difícil de ser concebida assimétrica e matemàticamente. Além disso acresce que a Lua não sòmente é atraída pela Terra, como também pelo Sol, de modo que se cria um problema de 3 corpos. Ora a atração do Sol e da Terra agem conjuntamente na mesma direção, ora em sentido contrário e assim a Lua é atirada de um para outro lado — e com ela a Terra! Também os planêtas contribuem. Em circunstâncias propícias pode-se verificar a posição de Júpiter pelas perturbações da órbita da Lua.



a b

Fig. 69 — O ESPAÇO DO MOVIMENTO DA LUA. Os movimentos da Lua em tôrno do Sol são determinados pela ação conjunta de muitas fôrças. Ela percorre em 19 anos a linha do esbôço a. Em conseqüência da variação da distância e da inclinação da órbita, percorre durante êsse tempo a torto e a direito o espaço b. (De "Kosmos").

Na Fig. 69b vê-se o espaço em que a Lua oscila para um e outro lado. Êsse espaço tem a forma de um pneumático de automóvel. A sua largura (variação da distância) é de 42.000 km; sua altura na margem interna é de 65.000, na margem externa de 71.000 km. É essa a largura do movimento pendular da órbita da Lua para cima e para baixo sôbre o equador do globo terrestre, no ciclo de 19 anos. Em cada círculo que ela faz, a Lua toca tôdas as quatro superfícies limites. Na Fig. 69a muito simplificada, está desenhada a linha que a Lua descreve dentro do "pneumático". Ela está desenhada no plano do papel, mas na verdade ela é plástica, constituindo um trançado. Sòmente cada 19 anos a Lua volta a certo ponto do espaço lunar. Se é vista alguma vez numa posição bem destacada, por exemplo, exatamente na moldura de uma janela ou na ponta de uma tôrre, será preciso espe-

rar 19 anos para que volte àquela posição. Por isso o calendário lunar da Bíblia, pelo qual se festeja a Páscoa, está dividido em ciclos de 19 anos. Agora estamos em condições, se não de compreender, pelo menos apreciar uma figura como a de n.º 70. É a 23.ª parte da fórmula que o matemático francês Pontécoulant calculou para a órbita da Lua. Para apresentá-la em tôda a extensão seria preciso, com êsse tamanho de tipo, imprimir os hieróglifos algébricos em 16 páginas. Isto é na verdade um produto magnífico do cérebro humano e ao mesmo tempo exemplo esplêndido dos problemas que oferece a natureza. Imaginemos um estilete no espaço com um botão claro na extremidade superior, a Lua; a extremidade inferior toca uma esfera que gira, a Terra. E o que escreve a ponta do estilete com a letra prateada da luz? A fórmula da Lua.

$$
\begin{aligned}
&+\left\{\begin{array}{l}\frac{5}{4}+\frac{23}{16}\,m^2-\frac{1485}{128}\,m^3-\frac{5597}{64}\,m^4-\frac{12036265}{24576}\,m^5\\ -\left(\frac{11}{24}+\frac{47503}{1536}\,m^2\right)e^2-\frac{389}{32}\,m^2e'^2\\ -\left(\frac{5}{16}-\frac{135}{128}\,m\right)\gamma^2+\frac{17}{192}\,e^4\end{array}\right\}e^2\sin 2\varphi\\
&+\left(\frac{13}{12}+\frac{41}{24}\,m^2-\frac{43}{64}\,e^2-\frac{5}{8}\,\gamma^2\right)e^3\sin 3\varphi\\
&+\frac{103}{96}\,e^4\sin 4\varphi+\frac{1097}{960}\,e^5\sin 5\varphi\\
&+\left\{\begin{array}{l}-3m+\frac{735}{16}\,m^3+\frac{1261}{4}\,m^4+\frac{142817}{96}\,m^5+\frac{3257665}{576}\,m^6\\ \qquad+\frac{964471235}{55296}\,m^7\\ -\left(\frac{27}{8}\,m+\frac{2925}{32}\,m^2+\frac{454735}{512}\,m^3+\frac{39522017}{6144}\,m^4\right.\\ \qquad\left.+\frac{638335067}{16384}\,m^5\right)e^2\\ -\frac{27}{8}\,me'^2+\left(\frac{27}{8}\,m-\frac{117}{32}\,m^2-\frac{6785}{512}\,m^3\right)\gamma^2\end{array}\right\}e'\sin\varphi'\\
&+\left(\begin{array}{l}-\frac{9}{4}\,m+\frac{5751}{128}\,m^3+\frac{13871}{32}\,m^4\\ -\frac{81}{32}\,me^2-\frac{7}{4}\,me'^2+\frac{81}{32}\,m\gamma^2\end{array}\right)e'^2\sin 2\varphi'\\
&-\frac{53}{24}\,me'^3\sin 3\varphi'\\
&+\left\{\begin{array}{l}\frac{21}{4}\,m+\frac{1233}{32}\,m^2+\frac{15165}{64}\,m^3+\frac{2844993}{2048}\,m^4\\ \qquad+\frac{307187071}{36864}\,m^5+\frac{91720676239}{1769472}\,m^6\\ +\frac{51}{32}\,me^2+\frac{189}{32}\,me'^2-\frac{63}{8}\,m\gamma^2\end{array}\right\}ee'\sin(\varphi-\varphi')\\
&+\left\{\begin{array}{l}-\frac{21}{4}\,m-\frac{717}{32}\,m^2-\frac{3215}{32}\,m^3-\frac{2806183}{6144}\,m^4\\ \qquad-\frac{19962409}{2216}\,m^5-\frac{18084760319}{1769472}\,m^6\\ -\frac{51}{32}\,me^2-\frac{189}{32}\,me'^2+\frac{63}{8}\,m\gamma^2\end{array}\right\}ee'\sin(\varphi+\varphi')
\end{aligned}
$$

Fig. 70 — A FÓRMULA DA LUA. Uma página impressa das 23 em que figura a fórmula final da teoria da Lua, do matemático francês Pontécoulant.

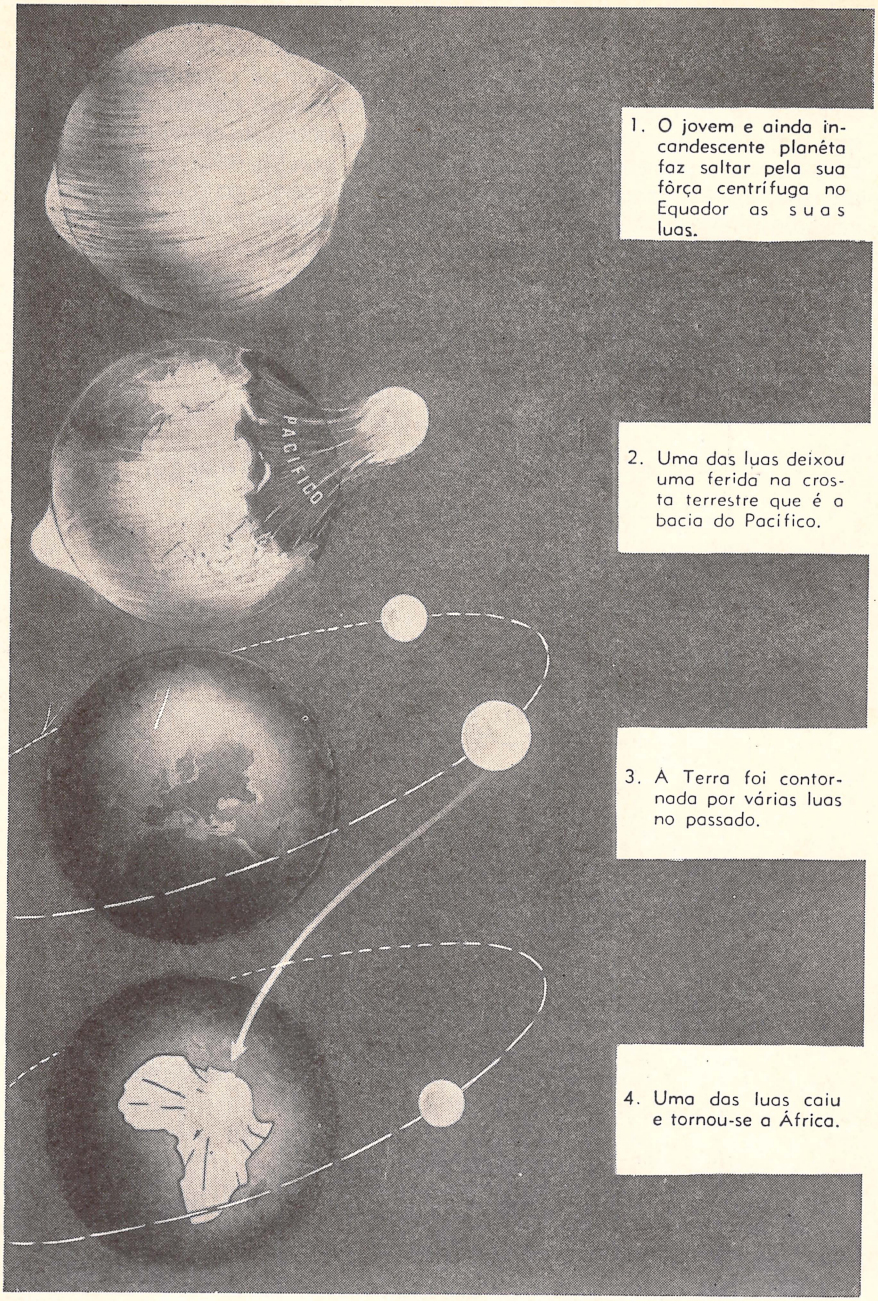


Fig. 71-a — HIPÓTESES SÔBRE A HISTÓRIA DA LUA — I: Passado

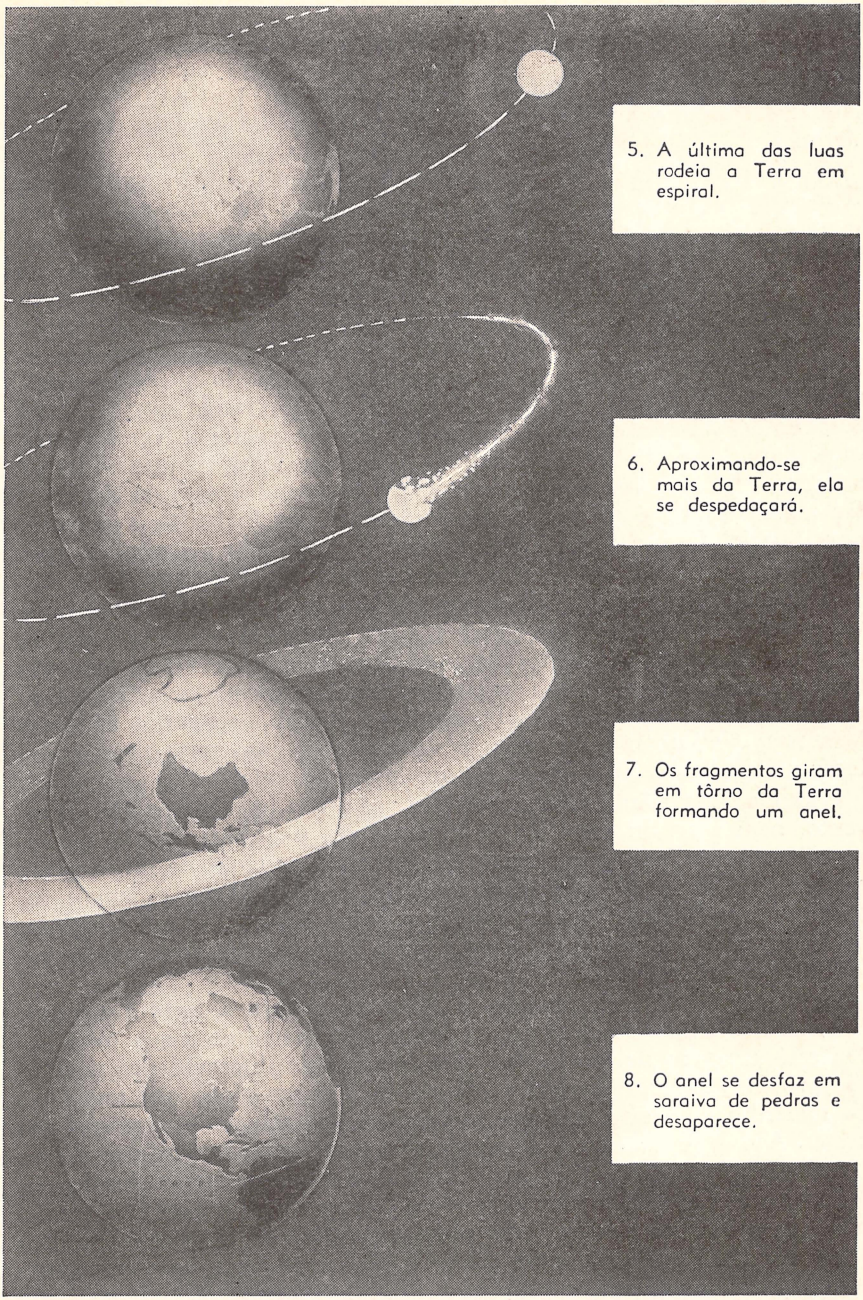


Fig. 71-b — HIPÓTESES SÔBRE A HISTÓRIA DA LUA — II: Futuro

3) O mundo enigmático que é a Lua

A determinação da órbita da Lua é uma tarefa difícil, mas solucionável. Porém o problema: — que é a Lua? desafia até hoje qualquer definição.

O filho de Charles Darwin atacou o problema sob o aspecto matemático, chegando às conclusões apresentadas na Fig. 71 a e b. A Lua é uma parte desprendida da Terra quando esta possuía uma circunferência 2 ½ vêzes maior do que a de hoje, girando numa velocidade 6 vêzes maior (1). Pela fôrça centrífuga avolumou-se uma onda gigante e desprendeu-se (2). A Lua atualmente continua se afastando da Terra, sendo 1 cm por ano, mas regressará como uma pedra que se atira para o alto. Quando ela se aproximar até $^1/_{30}$ do intervalo atual, segundo a fórmula de Roche arrebentará (6), formando um "anel de Saturno" (7). Dêste choverão pedras (8). Possìvelmente a Terra possui duas luas (3) e por diversos indícios chegou-se à idéia de que talvez a África seja uma lua grudada na Terra (4) como uma bola de neve. Do mesmo modo é original a idéia expressa por Pickering e adotada por Darwin de que a bacia do Oceano Pacífico seja a depressão que a Lua deixou na Terra ao desprender-se dela (2). (Ver Fig. 104).

A Lua constitui um mundo morto, e não é de se admitir que alguma vez existisse vida nela. Uma esfera tão leve nunca estêve em condições de reter os átomos inquietos de uma atmosfera, pois a Lua não sòmente é menor do que a Terra como também menos pesada. A fim de preencher o espaço do globo terrestre, seriam necessárias 50 luas. Mas essas 50 luas não teriam o pêso da Terra, pois seria preciso colocar mais 31 luas na balança, a fim de equilibrá-la.

Como a Lua não possui atmosfera, não há água sôbre ela, nem vento, nem bom ou mau tempo e, portanto, nenhuma decomposição ou afloração da paisagem. Desde há 300 anos centenas de olhos perscrutam por meio de telescópio tôdas as noites a Lua, e jamais se observou a menor modificação em seu aspecto. Ela acha-se sob a cúpula do firmamento no vácuo do espaço como o castelo de açúcar do confeiteiro sob sua redoma.

Retida pela fôrça de atração, a Lua nos mostra sempre a mesma face, de modo que só conhecemos um pouco mais que a sua metade. Ela está semeada de montanhas, mas de espécie diferente das nossas. Em primeiro lugar, é notável a sua altura. Em um globo que tem $^1/_{30}$ do tamanho da Terra, existem montanhas que são mais altas que as nossas. Assim, 6.000 metros de altura não constituem raridade na Lua. Iluminadas fortemente pela luz solar não difusa, apesar do fundo de pedra evidentemente escuro fulgurando contra um céu prêto, sublinhadas por sombras negras como piche, emolduradas por um horizonte estreito e portanto fortemente curvado, elas se impõem ao observador com aspecto imponente.

As montanhas da Terra são evidentemente produto de fôrças de tração e de empuxo. São cadeias como as dos Pireneus ao Himalaia e

montanhas costeiras como as Rocky Mountains e os Andes da América. As elevações da Lua são algo muito diferente. Observam-se duas espécies nìtidamente diversas. Algumas são planícies circunvaladas. Regiões redondas da superfície da Lua que não se elevam acima do nível normal e com cêrca de 250 km de diâmetro, são separadas do meio exterior por altas montanhas circunvalantes. Se construíssem estradas de rodagem na Lua, seria possível percorrer essas planícies sem subidas, abrindo túneis através das montanhas circunvalantes (Fig. 72). Próximas dessas planícies circunvaladas, às vêzes também dentro delas, vêem-se 30.000 crateras. São buracos fechados na superfície do globo lunar. Os seus solos, ao contrário das planícies circunvaladas são profundos, tornando-se necessário, para chegar a êles, descer exatamente tanto abaixo do nível da superfície lunar quanto é necessário para galgar os bordos das crateras. No centro das crateras freqüentemente se eleva um cone que corresponde exatamente àquele que se forma na água quando se atira nela uma pedra. É como se fôsse uma gôta congelada no momento de chocar-se no solo. De algumas crateras partem raios. Os mais longos, que são os da cratera Tycho, se estendem quase sôbre a metade da Lua, de modo que esta se parece a uma bola de vidro trincada.

Nada sabemos sôbre a origem das montanhas lunares. Que as crateras sejam vulcões apagados, como se admitia antigamente, é pouco provável. A sua configuração regular antes deixa supor que se formaram como bôlhas dentro de uma massa em fermentação. Naturalmente a idéia de que foram causadas pelo impacto de projetis cósmicos não é para rejeitar. Talvez a Lua não se formasse sequer como corpo homogêneo, mas na "nuvem em oscilação" fundiram-se massas menores nesse nodo, originando assim a Lua. Quem pode dizer alguma coisa sôbre aquilo de que nada se sabe?

Caso algum dia no próximo século desembarcarem os primeiros homens na Lua, êles não vão exclamar Ahs! e Ohs!, contemplar a paisagem com seus binóculos e "tirar fotos", como está escrito nos romances do século 19. Não existe ar na Lua, havendo impossibilidade de som, portanto. Seria possível ficar perto de um canhão e não ouvir o seu tiro. Não se pode fazer gestos, pois a fôrça de atração da Lua é tão leve, que um movimento de braço atira o homem a metros de distância, obrigando-o a tropeçar. É impossível respirar, sendo necessário trazer um aparelho de oxigênio. Será preciso trazer a atmosfera e a sua pressão usando escafandros, pois se está em pleno vácuo. A luz ofuscante impõe óculos bastante escuros, elevando-se a temperatura a 100°. As sombras são de um negro profundo e sem transição, a temperatura na sombra é 200° mais baixa, pois não existe ar para equilibrá-la. Seria impossível estender um braço, pois êle queimaria nos pontos iluminados e regelaria nos pontos sombreados. Um aparelho fotográfico estalaria nas mãos como se fôsse vidro. O firmamento é prêto como um corvo, pois o azul do céu terrestre é uma ilusão produzida pela dispersão dos raios na atmosfera. Pelo

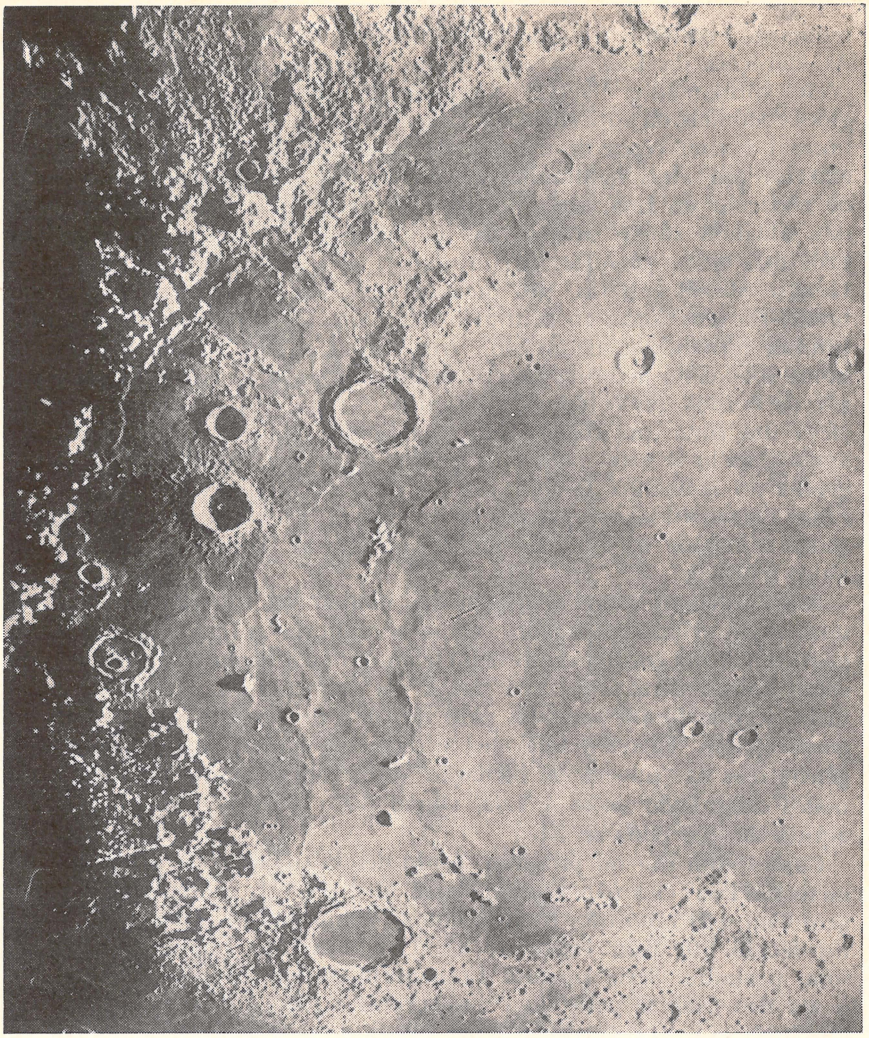


Fig. 72 — A PAISAGEM LUNAR. Observam-se planícies anulares, que são pedaços redondos da superfície lunar, rodeados de altas montanhas e as crateras fundamentalmente diversas que são depressões, das quais na maioria dos casos emergem cones centrais. (Foto Mount Wilson Observatory).

mesmo motivo o Sol também não "brilha": figura apenas como um disco amarelo em fundo prêto como nos livros infantis. Como a Lua leva um mês para contornar o Sol, êste parece estar parado. Ela gasta 14 dias de horizonte para horizonte. Ao lado dela vêem-se as estrêlas, mas não cintilantes e sim como pontos nítidos, provàvelmente em número muito maior que no firmamento terrestre. Como para nós a Lua, no céu da Lua está a Terra sob a forma de um disco 16 vêzes maior, e como para nós a Lua, de acôrdo com a posição do Sol, mostra-se sob a forma de foice ou círculo. A Terra não modifica a sua posição no firmamento lunar, mas em cada 24 horas dá uma volta em tôrno de si mesma. Ela parece um globo em relêvo, pintada com côres apagadas. Os mares se distinguem nìtidamente dos continentes, os desertos mostram-se amarelos, as grandes regiões florestais escuras, as extremidades polares brancas e ao longo dos altos sistemas de montanhas cintilam as orlas dos gelos eternos. Com um telescópio vêem-se os grandes rios: o Nilo, o Ganges, o Mississípi. Se a posição do Sol é tal que a Terra se apresenta como foice, deve-se reconhecer na parte sombreada o brilho das grandes cidades como Nova York, Paris, Xangai. Cêrca da metade do globo terrestre está coberta de nuvens, reconhecendo-se pelos seus frangalhos as zonas climatéricas e os caminhos dos ciclones.

Depois de os homens se fartarem de contemplar as generalidades, êles se dedicarão ao estudo dos pormenores. Colecionarão exemplares de pedras; subirão as montanhas, viajarão pelos "mares", que não são mares e sim desertos e com isto começará a Selenografia, isto é, a geografia da Lua. Não será nenhum prazer permanecer nessa região desolada que é tão morta como um panorama de gêsso. Será com saudade que os viajantes da Lua erguerão os olhos para o grande globo por cima dêles, pensando em seus mares azuis, os seus ventos, nuvens, clima, a neve das montanhas altas e os verdes prados dos vales. Lembrar-se-ão dos rios, florestas, flores, animais, do canto dos pássaros e dos homens que se acham ali, livres de quaisquer armaduras, passeando e conversando uns com os outros, e os mesmos versos que no período romântico se dedicaram à Lua, serão dirigidos à Terra, versos êstes que, com os conhecimentos que temos hoje daquele satélite, só nos inspiram um sorriso indulgente:

Ah! É lá a pátria de todos os nossos desejos!
É lá que o amor está em casa e mora a felicidade.
De lá nos ilumina e nos olha com tristeza,
porque ainda estamos por aqui.

4) O que dá e o que toma ao homem a astronomia moderna?

Tôda a conquista nova de natureza técnica ou espiritual dá e rouba ao mesmo tempo. Quando Adão fruiu pela primeira vez a árvore do conhecimento, seus olhos se abriram e êle viu que estava nu, mas perdeu o Paraíso. Esta história, que é uma das mais belas da literatura, não perdeu sua verdade e não a perderá jamais. Ela também vale para a astronomia. O homem abriu os olhos e viu onde está: Em meio de um universo imenso e ilimitado; e êle reconheceu a sua posição nesse universo. Mas o preço dêsse reconhecimento é grande. Também para êle o paraíso está perdido, arrancado debaixo de seus pés e como num pesadelo se vê no meio do espaço infinito, sôbre uma bolinha rodopiante — um pequeno inseto sôbre um côco que flutua no Pacífico. Êle tem desejo de gritar, mas de que lhe serviria o grito? Nenhuma exclamação seria ouvida entre um astro e outro. E se fôsse? O grãozinho de pó em que êle se encontra é tão diminuto que o universo não sofreria o mínimo abalo se êsse pontinho que é ali arrastado por um sol desaparecesse repentinamente. É como o viajante de automóvel que corre de uma cidade à outra, sem tomar conhecimento da formiga que a roda de seu carro esmaga na estrada.

A Terra e os filhos da Terra nada são, mas tu, ó Sol? Sol grande, belo e radioso, pai zeloso dos planêtas, astro diurno de nosso mundo, de tal maneira resplandecente que o ôlho humano, a 150 milhões de quilômetros de distância, nem sequer suporta olhar-te um minuto sem cegar — tu? Ah, êle não é nada mais, diz-nos o astrônomo, do que uma faísca que brilha no oceano universal como um pontinho na fosforescência do mar. Que diferença faz para nós, quando o nosso navio viaja durante duas noites através da fosforescência do mar, se há lá em baixo um infusório mais ou um infusório menos?

Nós não acreditamos, mas êle nos mostra uma daquelas fotografias sôbre as quais os sóis das Vias-Lácteas estão espalhados como farinha. "Procura o teu Sol!" E ficamos boquiabertos, tentamos articular algo acêrca da grandeza do universo. "Grandeza do universo?" Nesta fotografia podem-se ver 20.000 sóis; 200.000 vêzes um milhão estão reunidos na Via-Láctea. Faça os cálculos de quantas destas fotografias eu teria de lhe mostrar, a fim de que você pudesse ver todos os sóis da Via-Láctea. Quanta madeira não seria necessária para as estantes em que pudéssemos acomodar o "atlas solar da Via-Láctea!"

Enquanto nos mostramos tão ingênuos a ponto de começar a calcular, o astrônomo surge com uma chapa. Estamos vendo nela manchas desbotadas como num mata-borrão velho: são tantas que não as podemos contar. "Cada mancha é uma Via-Láctea" êle nos declara rindo, como o gigante malicioso de um conto de fadas, o próprio Mefistófeles, e é isso o que êle é, o demônio da ciência moderna. "Quantas há?" Não o sabemos. 100 milhões só nos dois pólos do firmamento que podemos fotografar. A maioria está coberta pela nossa

Via-Láctea. O mínimo pode ser 1.000 milhões. Haverá fim? Não o sabemos. "Êle dá de ombros e nos deixa. Raramente nos sentimos tão perdidos como nesse momento. Como as crianças em tempo de tempestade, temos vontade de puxar a coberta sôbre as nossas cabeças e nos encolher dentro de nós mesmos, sem ver nem ouvir nada dessa nova imagem do mundo, que nos é apresentado com fotos, fórmulas e números e, que horror! — estão certas! Estendemos a mão para a fruta da árvore do conhecimento e vejam só — ela é amarga como fel. O sabor do arrependimento está na nossa língua. Sentimos saudades daqueles dias felizes da infância, quando num cabo de vassoura que nos servia de cavalinho de pau, galopávamos dentro da sala transformada em um reino e quando julgávamos que a árvore de Natal, tôda guarnecida de nozes prateadas e anjos de algodão, era a imagem do próprio esplendor. Sentimo-nos sôbre as ruínas dessa imagem do mundo como Jeremias sôbre os escombros de Jerusalém. Não temos um lar! Sentimo-nos enregelados e como todos os sêres que sofrem, adormecemos para nos proteger contra o sofrimento.

Acordamos: é manhã. Invadido pela luz da manhã, o mundo está diante de nós, o mundo da Terra, que é o mundo do homem. Por cima brilha o Sol, o grande Sol, a cujo nascimento os arcanjos cantam os seus hinos. É manhã. Que nos importa a noite? Que nos importa uma foto? Grande é o Sol pela manhã, e se não o é para o mundo, é para nós que vivemos debaixo dêle na Terra. Como é bela a paisagem em tôrno de nós! Para além da curva do horizonte, as montanhas erguem ao longe os seus cumes brancos. Se subimos até êles, defrontamos grutas, cujas pedras cintilam à luz do Sol, como gêlo azul e verde, como se fôssem verdadeiros portais dos palácios subterrâneos dos gnomos das montanhas, que escondem os seus tesouros dos olhares humanos. Olhamos para cima. No azul do firmamento, que, segundo a ciência, nem existe, passam as nuvens, sempre renovadas. Os olhos não se fartam de ver êsses burgos celestes, essas florestas de fadas, essas ilhas em fuga, habitadas certamente pela felicidade. Diante de nós vemos o vale. Nos seus prados verdes pompeiam milhares de flores coloridas, cada qual uma estrêla, belas como as estrêlas do céu. As abelhas zumbem metendo suas cabecinhas nas corolas e as borboletas esvoaçam ligeiras como sonhos de luz. A mão não ousa tocá-las, pois é a beleza sagrada da vida que esvoaça perto de nós. Mais além, na orla escura da floresta, surge o veado por entre os troncos e se detém um instante com o seu porte majestoso, concede um olhar ao mundo e mergulha no escuro. No fundo está o pântano, que regurgita de vida. Podemos retirar dêle milhões de gotas, e em cada uma encontramos, como sóis nas chapas fotográficas, milhares de pontos — e cada um dêsses pontinhos vive, completo em si mesmo, vivendo o mundo como nós e sentindo-se o centro do universo. Que lhe importam as vias-lácteas? *Êle* é êle.

O universo é amplo, talvez infinito, mas em tôda parte êle é a mesma coisa. Pode-se viajar através das vias-lácteas, que as suas leis não são

diferentes daquelas que regem nosso mundo terrestre. Não se desembarcará em nenhum planêta onde se encontrem pedras mais lindas do que a malacacheta e a ágata, ou onde a água seja mais finamente cristalizada do que nos diamantes das nossas neves invernais. Não haverá um Sol que nos aqueça mais "maternalmente" do que aquêle que brilha sôbre o nosso planêta. Será a nossa Terra um "nada"? Nas profundezas de seus mares ondeiam as medusas invisíveis, cobertas de roupagens festivas como princesas convidadas para alguma festa. Peixes com escamas e barbatanas de tôdas as côres lutam como cavaleiros nos torneios e do esconderijo espreita o caranguejo em sua armadura como um salteador.

Árvores de coral, semeadas de estrêlas-do-mar, erguem-se das profundidades espectrais. Nossa Terra não é um "nada"! A beleza do universo, a vida de tudo o que é animado, a alma de tôdas as coisas acham-se concretizadas nela.

Ao concluir, meu olhar vai um pouco além desta fôlha de papel. Ali está uma rosa em seu cálice. O movimento de suas pétalas é o torvelinho de tôdas as espirais do universo. A sua beleza pura exprime tôda a beleza do cosmos. E diante de mim, na cadeira, está o meu cão que me olha, esperando que eu deixe a pena para ir passear com êle. Na profundidade de seus olhos, que eu não canso de contemplar e cujo mistério o homem não consegue decifrar, está o segrêdo de todo o universo.

Olhe calmamente para a abóbada celeste nesta noite. Mire as estrêlas, a Via-Láctea e pense, sem se sentir diminuído, nos 1.000 milhões de vias-lácteas que se movimentam em distâncias inatingíveis. A Terra que você habita pode ser um nada no universo, porém ela é também o universo no nada.

Terceira Parte

A TERRA

Onde estavas *tu* quando eu fundava a terra?
faze-*mo* saber, se tens inteligência.
Quem lhe pôs as medidas? se tu o sabes; ou
quem estendeu sôbre ela o cordel?
Sôbre que estão fundadas as suas bases? ou quem
assentou a sua pedra da esquina.
Ou *quem* encerrou o mar com portas, quando
transbordou *e* saiu da madre;
Quando eu pus as nuvens por sua vestidura e a
escuridão por envolvedouro?

(Livro de Jó, 38)

Capítulo XIV

A ESTRUTURA DO GLOBO TERRESTRE

1) O relógio da história terrestre caminha devagar

A Terra vive — mas o relógio da história da Terra caminha devagar. Se armássemos na paisagem câmaras cinematográficas que em cada 100 anos tirassem automàticamente uma chapa, e se depois de 20.000 fotografias pudéssemos projetar o filme, poderíamos "ver" a vida da Terra: as montanhas ondeiam como vagas. As paisagens movem-se como chapas de gêlo flutuante. Rochas despedaçam-se como madeira podre. Os mares açoitam as costas dos continentes e engolem as dunas. Ilhas erguem-se dos oceanos como dorsos de delfins e desaparecem novamente. As camadas de gêlo dos pólos abrem-se como guarda-chuvas e tornam a fechar-se — a Terra vive.

Mas o relógio da história terrena é vagaroso. Suponhamos que a história dêste planêta se tenha verificado no período de 24 horas do relógio comum (Fig. 73). 1.000 milhões de anos foram precisos para que na crosta esfriada da Terra a vida evoluísse até a categoria de vermes; 1.000 milhões de anos até que dêsses vermes, passando pelos estados de peixe e reptil, se formassem os mamíferos. Não se descuide da quantidade que se vai ler, pois não se trata de 945 e sim de 1.000 vêzes um milhão! Com isto terminará o primeiro dia. Bateu meia-noite e tal como nos velhos romances apareceu o espírito, surgiu o homem, começando a história da humanidade. Escoaram provàvelmente um milhão de anos antes que o homem primitivo se distinguisse dos animais pelas suas "atividades humanas", isto é, acendendo fogo na floresta, juntando pedras como muralha e arma contra inimigos, e, à noite, cobrindo-se com fôlhas. Com isso, iniciou-se o segundo dia da história da Terra, que conduziu do homem-macaco até Goethe, e do aglomerado de pedras até a catedral de São Pedro — mas no relógio da história da Terra? 24 segundos. Depois de 24 horas de história do reino animal, 24 segundos de gênero humano.

O homem isoladamente não vive mais do que $^1/_{500}$ de um segundo do dia geológico; contudo, vê que os mostradores se movem. Aqui arreia um muro de jardim, ali se vê uma fenda na casa e o construtor nos diz que a rocha sob os alicerces "trabalha". Em frente, no morro, brilha o rochedo desnudo como a pele do homem através do rasgão da roupa, e aos seus pés está um montão de entulho: há 6 anos, a derrocada de um monte. Na praia está o velho que conta ter visto

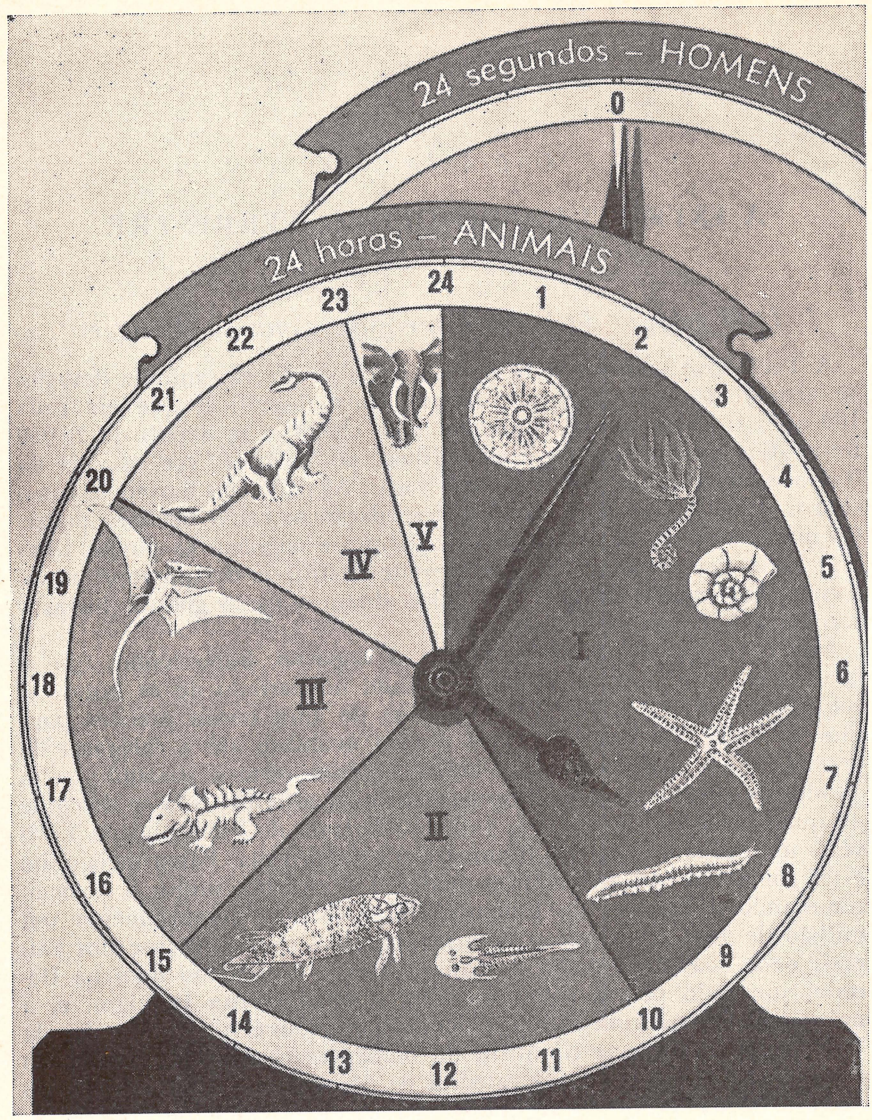


Fig. 73 — O RELÓGIO DA HISTÓRIA DA TERRA É LENTO. Projetando-se a história terrestre, desde o aparecimento da vida, sôbre o relógio, reconhecem-se as leis da sua evolução. As épocas primitivas foram imensamente longas, e a evolução nelas muito lenta. As épocas posteriores tornaram-se cada vez mais curtas e o desenvolvimento cada vez mais rápido. A existência do reino animal abrange 24 horas, a do homem 24 segundos.

as dunas, no seu tempo, mostrarem sòmente a metade da altura atual. A Terra vive! Quando dizemos: as montanhas se "levantam", isso quer dizer na linguagem geológica que o Monte Branco desde os tempos de Dietrich von Bern (século V) se elevou na proporção do comprimento de um lápis. Quando dizemos: Nova York aproxima-se do equador é que realmente ela se move para o sul — um centímetro em cada década, a Califórnia se desprende do continente — o que efetivamente a transformará numa ilha. Mas "em breve" para a geologia significa depois de 60.000 ou 600.000 anos, pois "mil anos são para Êle um dia".

Conforme se reconhece no mostrador da Fig. 73, as épocas tornam-se tanto mais curtas, quanto mais se aproximam da atualidade. Isso não é ilusão de perspectiva e sim realidade. Nos primórdios, eram necessários 10.000 anos para que uma camada de 1 m de altura se depositasse; hoje, no período quaternário, em muitos lugares um milênio produz o mesmo resultado. Os animais aquáticos desenvolveram-se muito mais lentamente do que os animais terrestres mais recentes. Por sua vez, a história dos animais terrestres mais primitivos, os reptis, decorreu muito lenta relativamente ao ritmo em que se desenvolve o reino mais primitivo das aves e mamíferos, sem falar da história da evolução do homem que, como um campeão de corrida percorre as fases do progresso. A vida do globo terrestre, com a aproximação da atualidade tornou-se mais viva. Montanhas como os Alpes elevaram-se em espaço de tempo admiràvelmente curto e estão tão irrequietas que teríamos mêdo de ir morar nelas, se acaso não fôssemos homens. Vivemos em época intranqüila por excelência, mas que não é única na história da Terra, pois é típico que longos períodos de tranqüilidade sejam quebrados por curtos espaços de inquietação, como fases de bom tempo sejam interrompidas por tempestades de pouca duração. É provável que o homem deva a sua origem e a inquietação de seu ser e de sua história justamente ao fato de a Terra atravessar atualmente um período assim de tempestades, isto é, de épocas glaciárias. Nos últimos 2 milhões de anos seguem-se épocas, umas atrás das outras, em intervalos de 200.000 anos com temperatura mais baixa denominadas épocas glaciárias. A temperatura anual média não cai consideràvelmente e sim apenas alguns graus, mas êstes bastam para prolongar os invernos e encurtar os verões, de tal maneira que os solos não degelem, os vegetais não dêem frutos e os animais se retirem em direção ao equador, o gêlo polar se estenda até as latitudes temperadas, as geleiras desçam às planícies e um quadro da época glacial se desenvolva. Estamos vivendo agora o período posterior a uma dessas épocas que se denomina: a "última época glaciária". Em tôda parte, as nossas paisagens denunciam vestígios disso. Imaginemos uma chácara depois da tempestade. Aqui está uma árvore derrubada, ali o saibro foi varrido do caminho, no portão uma poça d'água, do talude desabou uma parte da relva. Nossos lagos, pântanos, vales, abismos e montanhas meio esfaceladas são os testemunhos da tempestade geológica que acaba de passar. À inquietação do nosso período de um milhão

de anos deve o homem o seu advento, a quem a Bíblia faz surgir como Adão, filho da Terra: Adamah. Nas épocas geológicas tranqüilas, em que as paisagens ficaram durante milhões de anos dormitando inalteradas, não aparece nenhuma Eva com a maçã da árvore do conhecimento recentemente surgida, a fim de inaugurar a história penosa da humanidade, nem há nenhum Caim que mata o seu irmão na paixão do ciúme. Somos filhos do tempo e da Terra.

2) Origem e idade da Terra

A origem dessa esfera singular, de cujo solo um destino místico nos fêz surgir, nos é desconhecida. A teoria longamente mantida de que a Terra se originava do Sol tornou-se inadmissível. Se as teorias recentes, como a que declara ter-se a Terra desprendido de uma estrêla irmã desaparecida, se aproximam mais da verdade, também não o sabemos. Considera-se, entretanto, quase certo que a Terra numa época primitiva de sua história tenha sido quente e semilíquida, pois a maior parte de sua crosta é constituída de formações rochosas que outrora se acharam em estado líquido.

Mas é em terreno assaz firme que pisamos quando indagamos a idade da Terra. Em primeiro lugar, tôdas as datas astronômicas, a estática do universo, a mecânica das vias-lácteas, o movimento das estrêlas nos aglomerados, a dinâmica do sistema solar, a órbita da Lua e o comportamento da Terra em sua órbita indicam que o nosso planêta tem de 3 a 7 mil milhões de anos. Em segundo lugar, tôdas as condições da Terra levam a resultados semelhantes. Um dos métodos modernos, conhecido pela sua "elegância" especial, é o cálculo-urânio. Não sabemos há quanto tempo existe o urânio no mundo. Mas podemos afirmar há quanto tempo existe naquele lugar em que o encontramos hoje. O grama de urânio fornece pela sua decomposição anualmente 0,000.000.007.6 g de chumbo-urânio. Da fórmula

$$\frac{\text{Quantidade do chumbo-urânio}}{\text{Quantidade do urânio}} \text{ vêzes } 7.600.000.000$$

resulta o número de anos que decorreram desde que se depositou naquele local. Encontra-se urânio nas formações rochosas mais antigas da crosta terrestre, e ali êle se acha há perto de 3.000 milhões de anos. A data da criação da Terra, portanto, é de 3.000.000.000 de anos.

3) Dimensão e pêso do globo terrestre

Vivemos na superfície de uma esfera, cujo raio é de 6.300 km. De fora já a perfuramos na extensão de 6 km de profundidade. O que está abaixo disso, não sabemos.

Aproximamo-nos da porta e desenhamos um risco a 2 m de altura. A 1 mm mais abaixo traçamos uma linha — êste intervalo quase invi-

sível é a extensão que percorremos até hoje, na "viagem para o centro da Terra". Não nós mesmos, mas as brocas de nossas tôrres de perfuração. Os homens só conseguiram chegar à metade dessa profundidade.

Na descida para dentro da Terra aumenta a pressão e com esta também a temperatura. A pressão vai subindo de tal maneira pelo pêso das camadas superiores que já em poços e galerias de algumas minas as paredes e o solo intumescem, como se nos encontrássemos não entre pedras, mas no meio de massa. Mas a pedra pastosa da profundidade não é mais macia do que a da superfície; pelo contrário. Ela torna-se tanto mais densa quanto mais profunda e agarra a broca como a criança o lápis, que se lhe quer tomar. A perfuração na profundidade torna-se cada vez mais difícil, de maneira a ter-se a sensação de que não haja broca tão forte que ao penetrar mais ainda não seja imobilizada pela pedra. Quando se abriu o túnel do Simplon, os esteios de ferro quebraram sob a pressão da montanha como se fôssem fósforos. A 50 metros de profundidade, segundo as fórmulas, devem pesar na superfície de uma unha do polegar 100.000 kg, a 500 km de profundidade 1.000.000 kg e nessa altura ainda não se chegou à 12.ª parte do caminho para o centro da Terra.

A pressão produz calor. Na descida, a temperatura sobe na média de 1° para cada 33 m. Quando, ao perfurar o Simplon, se penetrou 7 km no maciço, esperava-se, de acôrdo com os cálculos, uma temperatura de 36°. Mas já estava a 46° e após outros 500 m subiu a 53°. As massas de água, que jorraram das frestas da rocha, estavam escaldantes.

Mas agora surge a primeira das condições contraditórias que mostram quanto devemos ser prudentes nas conclusões sôbre o desconhecido: A lava que se origina de camadas consideràvelmente mais profundas não é nunca mais quente do que 1.500°. Tudo o que se diz sôbre a temperatura e outros estados no interior da Terra constitui suposição apressada. A fonte do calor também é incerta. Até há poucos anos dizia-se: Naturalmente, é o calor primitivo que o Sol nos deu. A Terra "ainda não" se esfriou. Mas hoje a legitimidade da relação íntima entre o Sol e a Terra tornou-se duvidosa. Falava-se também do calor produzido por uma esfera de gás que se contrai. Mas a idéia de que a Terra tivesse sido uma esfera gasosa foi abolida pelo veto das leis dos gases. Atualmente apela-se muito para a radioatividade sem, contudo, ter ponto de apoio para essa "indicação de fontes". No trabalho com temperaturas extremamente baixas e pressões muito altas, deparamos com condições da matéria até agora desconhecidas. O hidrogênio leve, elemento primitivo do universo, sob pressão muito alta, tem o comportamento do metal. Deve-se desconfiar, portanto, de tudo que se lê acêrca do interior da Terra, mesmo quando estas leituras nos são oferecidas em livros grossos, cheios de tabelas, como se fôssem o relatório anual de um banco.

Só uma indicação numérica pode ser considerada segura — é o pêso. A Terra foi pesada pela primeira vez no ano da publicação do Werther de Goethe. O inglês Maskelyne determinou, o que não é tão difícil

como parece a princípio, o pêso de uma montanha isolada. Depois calculou quanto a montanha desviava um pêndulo. Da diferença entre a atração da montanha e a do globo terrestre chegou ao resultado de que 6×10^{24} kg é o pêso da Terra. Êsse valor foi, mais tarde, confirmado por outros processos. Em vez da montanha pode-se tomar uma grande esfera de chumbo, fazendo-se desviar o pêndulo por esta. Coloca-se a esfera de chumbo sob um prato de balança; então não só a esfera terrestre, como também a esfera de chumbo atraem o pêso e êste se torna mais pesado. Inversamente também se pode estabelecer o quanto um pêso diminui, quando se levanta o mesmo para uma certa altura da esfera terrestre.

Um número como 6×10^{24} se lê e se escreve, mas não se imagina. É fácil compreender como é difícil concebê-lo. Assim, se fôsse possível desmantelar o globo terrestre e transportá-lo num trem de ferro, correndo êste tão depressa que em cada segundo um vagão passasse por nós, teríamos que ficar 10 milhões de vêzes 1 milhão de anos na barreira até que esta se abrisse. Se o maquinista quiser frear o trem e comunicar isso ao guarda que está no último vagão, êle terá de lhe enviar um sinal pelo rádio. Êste sinal deverá ser emitido, porém, 500.000 anos antes, pois é êsse o tempo necessário para percorrer a série de vagões. Evidentemente uma comparação como esta também não traz clareza, mas, se não esclarece, é divertida e faz-nos perceber que o inconcebível é simplesmente inconcebível.

4) A construção do globo terrestre — caminhamos sôbre uma casca de ôvo

O globo terrestre pesa mais 5,5 vêzes o que devia pesar se fôsse constituído de água. Isto é um pêso espantosamente alto, pois as pedras são apenas 2 a 3 vêzes mais pesadas que a água. Sob a crosta de rochas deve portanto haver alguma coisa que é duplamente tão maciça quanto a crosta da superfície. O que é, não sabemos. Mas não perdemos a esperança. Possuímos 2 testemunhas, uma celeste e outra terrestre. A celeste são os meteoritos, a terrestre são os tremores de terra.

Os meteoritos que se dirigem para nós do espaço são de pedra ou metal. Os de pedra são bolas de magma solidificado. O magma que escorre dos nossos vulcões existe, pois, também em outros corpos universais. Magma é a massa de que se fêz o mundo. Os meteoritos metálicos são constituídos habitualmente de uma liga de 90 % de ferro e 10% de níquel. Como estão sempre chegando meteoritos dessa composição, tal liga deve ser típica dos corpos cósmicos. O níquel-ferro é 9 vêzes e o magma 2,2 vêzes mais pesado do que a água, a Terra 5,5 vêzes mais pesada. O que mais se impõe do que a suposição: a Terra é constituída de um núcleo de níquel-ferro e um invólucro de magma

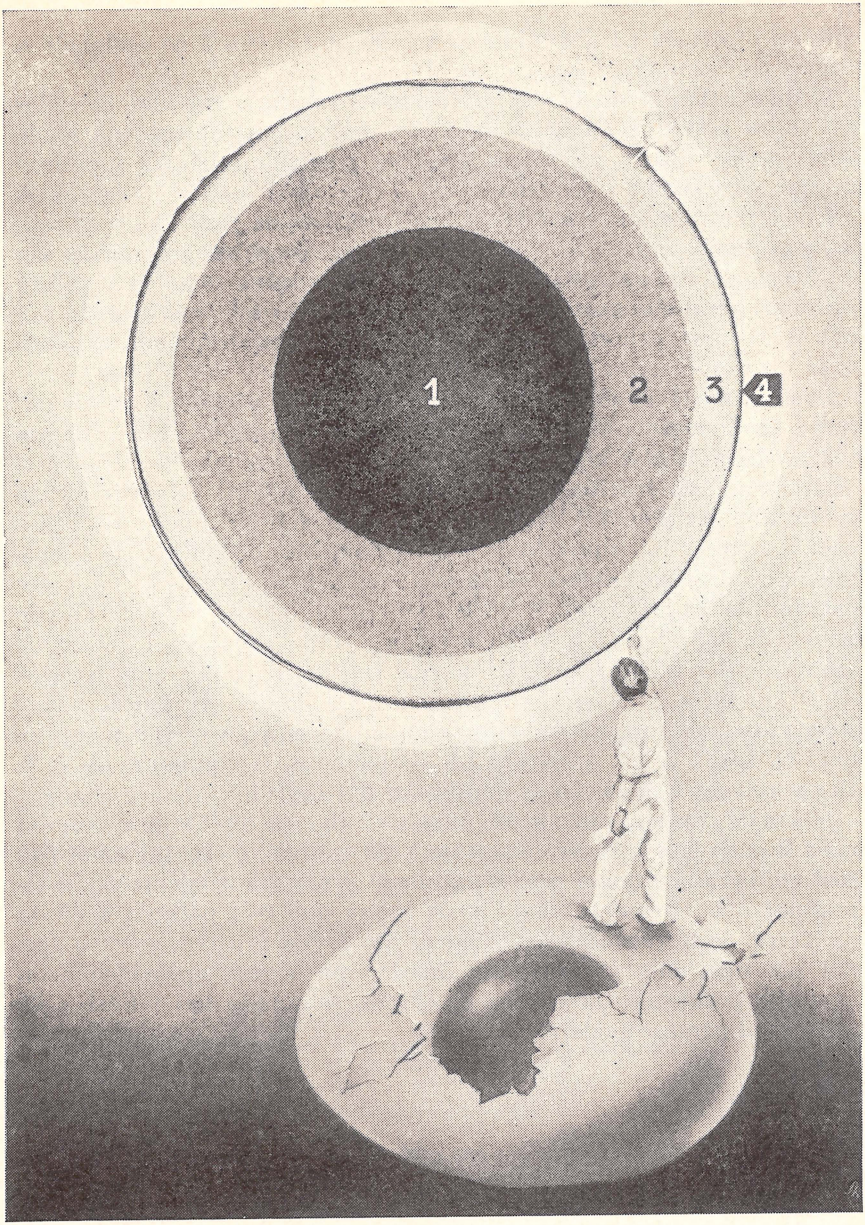


Fig. 74 — CAMINHAMOS SÔBRE UMA CASCA DE ÔVO. A construção do globo terrestre ainda é desconhecida e as teorias divergem muito umas das outras. Em tôrno de um núcleo muito denso (1) estão depositadas diversas camadas de natureza desconhecida (2, 3). A crosta (4) sôbre a qual andamos não é relativamente mais grossa do que a película sob a casca do ôvo de galinha.

que na superfície enrijeceu em forma de pedra? Isto é na realidade o dogma da "geologia ortodoxa" de até agora.

Contra a teoria do núcleo níquel-ferro surgiram dúvidas baseadas em certas pesquisas da física atômica desde a determinação da idade relativamente jovem da Terra. Tende-se atualmente para a suposição de que os elementos no interior da Terra ainda não se isolaram. A Terra é nova demais e o magma resistente demais para que o níquel-ferro se tenha separado e formado núcleo. As pedras meteóricas são estilhaços de *pequenos* corpos cósmicos. Os grandes, como os planêtas, provàvelmente são constituídos de massa solar ainda não isolada e é essa que se comprime na parte interna da Terra, formando a densidade do níquel-ferro.

Verificando-se modificações bruscas em algum ponto da crosta terrestre, a alteração propaga-se em ondas. Da velocidade, dos caminhos e ecos dessas ondas segue-se que a massa terrestre não se torna gradativamente mais densa, mas distribui-se em quatro camadas nìtidamente diversas (Fig. 74). No centro há realmente um núcleo de densidade 8 a 10 (1). No intervalo de 3.500 quilômetros do centro, êle é separado por diversas "cascas de cebola" de menor densidade da parte exterior do globo. Sôbre o núcleo está uma "casca" de 1.700 km de altura, de densidade 5 a 6 (2), sôbre esta uma "capa" de 1.200 km de altura, de densidade 3,5 (3), sendo que esta se cobre por uma "crosta" de 60 km mais ou menos, cuja densidade é de 2,7 (4). Quem não é especialista, que precisa trabalhar com números exatos, note o seguinte: 100, 1.000, 2.000, 3.000 são em quilômetros as espessuras; 2, 4, 6, 10 em relação à água são as densidades das camadas.

60 km de crosta é, como se vê, uma casca fina na qual vivemos, muito mais fina do que comparativamente a do ôvo. Se quebrarmos um ôvo com cuidado notaremos que êle tem sob a casca uma película. Se soprarmos nela, tremerá. Não é mais grossa que esta película a crosta da Terra. Se retivermos esta imagem, isto é, um ôvo cru, coberto apenas por uma fina película, tão fininha que treme, aproximamo-nos bem dos problemas da ciência da Terra, sobretudo das reflexões da geologia dinâmica moderna.

Capítulo XV

O LIVRO DE PEDRA DA HISTÓRIA DA TERRA

1) Os capítulos no livro da história da Terra: os períodos

A história da Terra está "escrita em livro", cujas páginas são empedernidas como as pranchas de argila da Babilônia. Êle se originou depositando-se no correr dos tempos uma página de pedra sôbre a outra, cada página constituindo uma "camada". A história da Terra está escrita em "camadas" (Figs. 75 e 76).

Não se pode abrir o livro, mas para a sorte da ciência e da curiosidade, êle espatifou-se pela violência dos tempos antigos. Aqui há páginas rasgadas, ali encrespadas, como se estivessem expostas ao sol; em outras partes formaram-se "quebradas" ou dobras, cujas elevações os homens denominam montanhas. Os rios corroem seus leitos como vermes o pergaminho de um "in-fólio".

Os títulos dos capítulos são na maioria nomes por acaso, sem nenhuma significação, muitas vêzes não representam outra coisa do que a terra natal de um geólogo ou o nome de uma tribo que no tempo de César residiu no lugar onde se depositou essa camada. Os nomes geológicos são o cúmulo do absurdo e da desordem. A fim de tornar o aprendizado tão leve quanto possível, a tabela seguinte apresenta a história da Terra dividida em Antiguidade, Idade Média e Idade Moderna. Para a extensão dos períodos deve-se notar: êles se tornam fundamentalmente mais curtos com a aproximação da atualidade, e cada grupo de 3 subseqüente tem a metade de extensão do precedente, arredondando, em milhões de anos 1.000, 500, 250, 125, 60. A história da humanidade, de acôrdo com esta escala, corresponde à grandeza 1.

OS PERÍODOS DA HISTÓRIA DA TERRA

(Os números indicam a duração dos períodos em milhões de anos)

Arcaico	de 2.000 a 1.000	Antiguidade
Pré-câmbrico, Câmbrico, Ordovício	de 1.000 a 500	Antiguidade
Siluriano, Devoniano, Carbônico	de 500 a 250	Idade Média
Permiano, Triásico, Jurássico	de 250 a 125	Idade Média
Cretáceo	de 125 a 60	Idade Moderna
Terciário	de 60 a 2	Idade Moderna
Quaternário	de 1 à atualidade	Idade Moderna

Fig. 75 — O LIVRO DA HISTÓRIA DA TERRA — 1

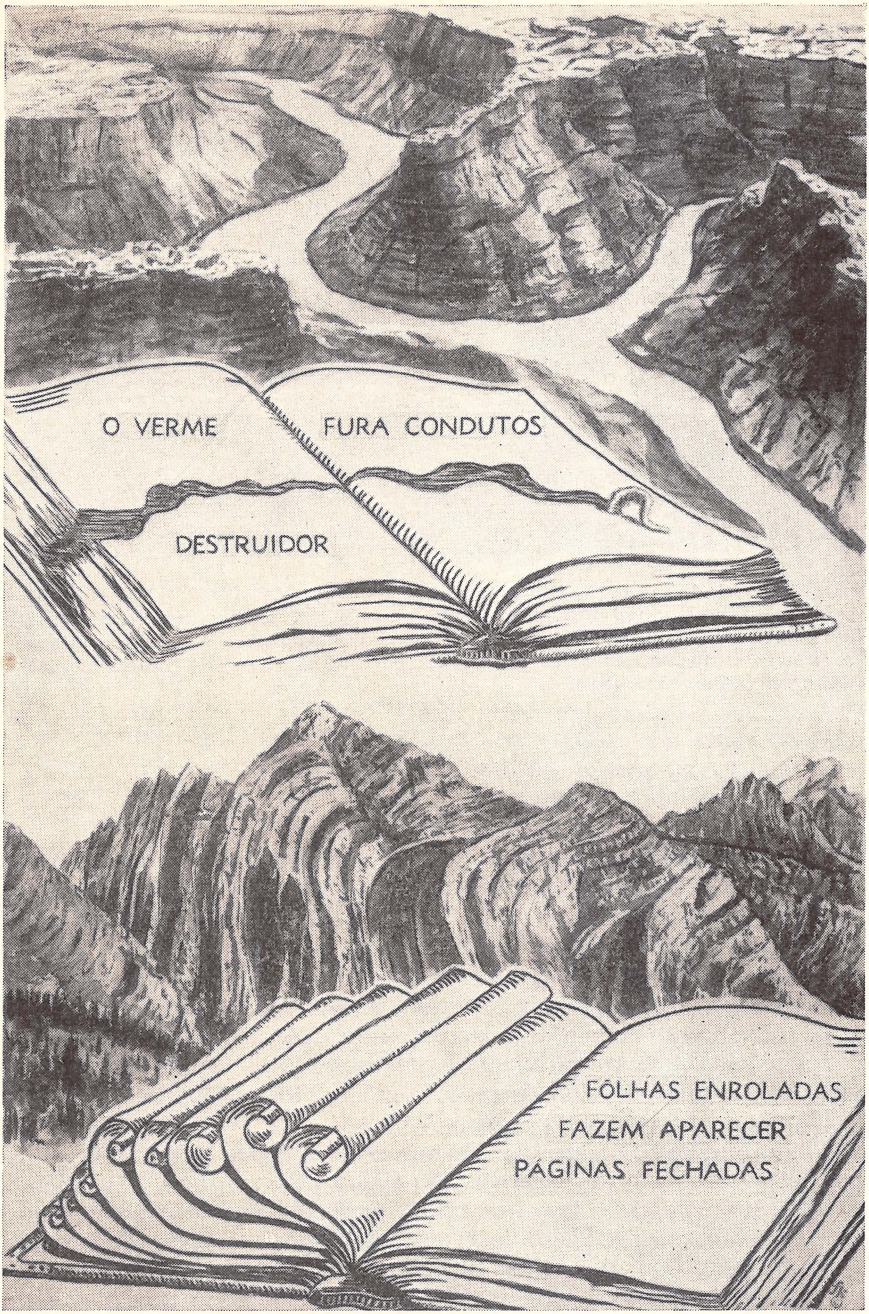


Fig. 76 — O LIVRO DA HISTÓRIA DA TERRA — II

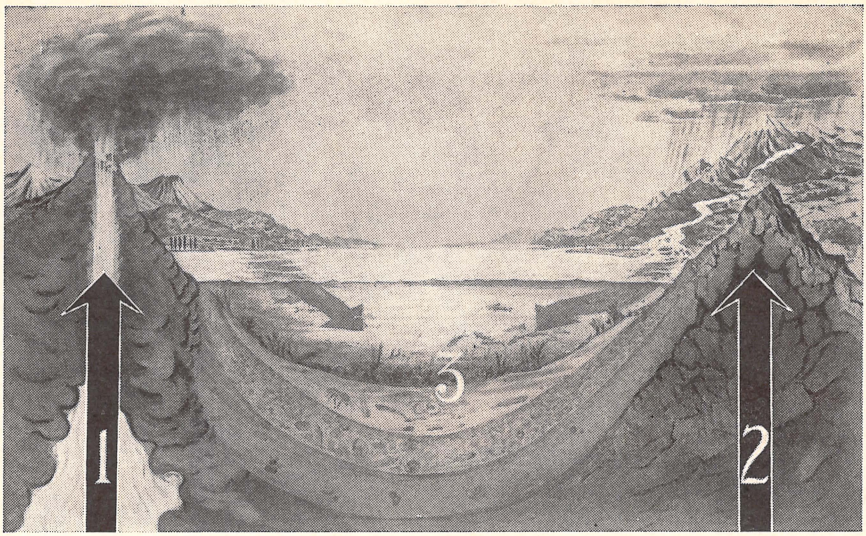


Fig. 77 — AS 3 MANEIRAS FUNDAMENTAIS DA FORMAÇÃO DA ROCHA. 1. Rochas vulcânicas que se solidificaram na superfície. 2. Rochas das profundidades que se cristalizaram devido ao isolamento do mundo exterior. 3. Rochas depositadas ou sedimentos que, oriundos do aluvião e de cadáveres de animais e plantas, se estratificam no fundo das águas.

2) As fôlhas no livro da história da Terra: as camadas

A rocha é magma endurecido (Fig. 77). Se êste endurece na profundidade, sem gerar gases, formam-se pedras compactas que, conforme a rapidez e a pressão com que cristalizam se compõem de cristais maiores ou menores e cristais mistos e se distinguem como gnaisse, gabro, granito, etc. (2) Se o magma surge no mundo exterior escapam alguns componentes sob forma de bôlhas de gás, restando pedras porosas como lava, tufo, pedra-pomes (1). Pela composição de sais e ácidos do ar e da água formam-se muitas vêzes pedras coloridas e com desenhos, que são o encanto dos colecionadores. Se contêm apreciável percentagem de metal são denominadas minerais.

Conduzidas para a superfície, as formações rochosas entram em contato com as fôrças da natureza. Expelidas pelos vulcões, elas voam com o vento pelo globo terrestre; após a explosão do Cracatoa chuviscaram cinzas sôbre os telhados de Estocolmo e após a erupção do Monte Pelée nas Antilhas, o pó que ficou pairando no ar coloriu durante semanas o céu da Europa. Compostos solúveis escorrem com a chuva para os rios e com êstes para o mar, sedimentando-se aí (Fig. 77, 3). Com os fenômenos da época, muda o característico dos depósitos, e

para quem estudou a arte de decifrar estratos, as páginas do livro de pedra da história terrestre contam verdadeiras epopéias. O interessante na decifração dessas páginas é que a natureza, qual bom escritor, deixa ao leitor muita coisa para adivinhar.

Em escavações, inesperadamente se dá com saibro — trata-se de um leito de rio. A espessura e largura da camada nos dizem qual foi a largura dêsse rio. Pela espécie de saibro, sabe-se se era lento ou caudaloso. A obliqüidade das camadas denuncia o declive. O declive íngreme indica que havia montanhas por ali. Uma depressão fechada de todos os lados mostra que foi um lago, sendo que dos restos das plantas, animais e diversos sais pode-se estudar se a água era doce ou salgada, rasa ou profunda, morna ou fria, a quantidade de vida no seu interior e quanto durou cada uma de suas fases. Se era à beira-mar, pode-se concluir pelo desgaste das pedras se as marés se produziam aí e que intensidade tinham as ressacas. A espécie de animais aquáticos indica a profundidade da água. Assinalam-se as condições em mapas e da soma de datas faz-se a idéia da paisagem. Encontra-se, por exemplo, naquela camada que há 500 milhões de anos se depositou no Siluriano, sôbre regiões do globo muito afastadas umas das outras, uma camada alta de areia vermelha. É notável a identificação dessa camada na África e América do Sul. A areia não é distribuída por igual; de um lado das encostas está mais alta, os grãos trazem os sinais de "polimento dos ventos". Esta areia não estêve no leito de um mar, mas cobriu desertos. Naquela época deve ter reinado um clima sêco com ventos fortes. Isso não era propício aos sêres vivos: daí a pouca quantidade de restos encontrados. Os fósseis também mostram que as temperaturas foram baixas. Com isso também está de acôrdo o fato de que naquela época o gêlo avançou rumo ao equador, vindo da Antártica. Era a "época glacial" na metade sul do globo.

50 milhões de anos mais tarde o quadro modifica-se. Sôbre a areia deposita-se uma camada de argila verde-azulada. Esta cobriu a África do Norte até à Costa do Ouro e a América do Sul até a Patagônia. Nela se encontram restos de animais marinhos — portanto o mar. Também êste era pouco povoado; não há animais que tenham vivido na água morna. Por conseguinte nessa época ainda era frio. Outros 50 milhões de anos mais tarde, o mar torna-se raso e o seu teor de sal diminui, pois surgem os habitantes típicos de baías e águas salobras. Agora vêem-se vestígios de rios também; vales recheados de saibro e areia. Depois as fozes se entopem com areia e dos rios formam-se brejos com a sua vegetação típica. Mais tarde êstes ressecam e a flora do pântano é substituída por plantas de solo sêco. É assim que o geólogo, não o indivíduo isolado, mas a comunidade internacional, faz o retrato de paisagens ou épocas e no momento em que estas dão entrada nas páginas do livro de pedra, cria-se a "história ilustrada da Terra".

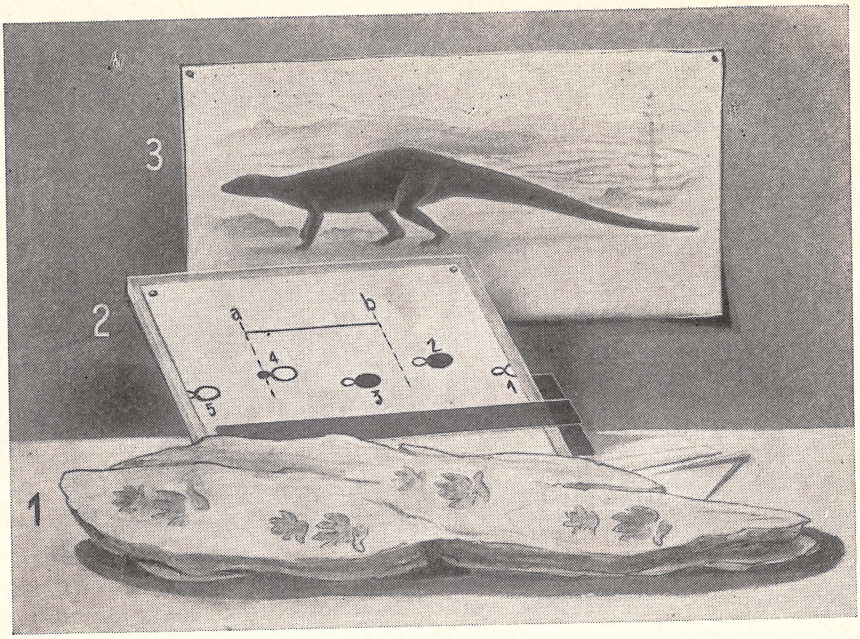


Fig. 78 — O QUE NOS CONTA UMA PEGADA. 1. A chapa contendo a pegada. 2. O cálculo matemático. 3. A configuração provável do animal.

3) Os quadros no livro da história da Terra: os fósseis

Entre as camadas e dentro delas acham-se as impressões das plantas e animais, que são as mais antigas e ao mesmo tempo as mais autênticas "litografias". O livro da história da Terra está ilustrado com estampas "litográficas".

Numa chapa de pedra do Triásico, cuja idade é de 180 milhões de anos, encontra-se o rasto de um quadrúpede (Fig. 78) dêsse período; só pode ter sido um anfíbio ou um reptil. Êle caminhava com as duas pernas traseiras, sôbre as quais pousava o seu pêso, enquanto as pernas da frente eram fracas; assemelhava-se a um canguru, muito antes de existirem êsses animais. O rasto não se parece com o de nenhum dos animais conhecidos, porém é possível reconstituir o caminhante desconhecido daquela época. O intervalo entre uma impressão e outra denuncia o seu tamanho; a profundidade da mesma possibilita a avaliação do pêso; a diferença entre a profundidade das impressões traseiras e fronteiras fornece dados para se calcular a distribuição da massa do corpo.

Era um animal maior do que um cão, menor do que um bezerro, caminhava com as patas traseiras e erguia-se com as fronteiras. Por-

tanto, devia haver alguma coisa que o induzia a se levantar — árvores ou arbustos. Como o rasto ficou impresso em argila molhada, supõe-se que se tratava de um animal dos pântanos. Os vegetais que num pântano induziam animal tão grande a erguer-se devem ter sido troncudos. Assim podem-se tirar conclusões dos vestígios de cada animal. Animais trepadores indicam floresta, cascos campinas, reptis um clima ameno. De outro animal conservou-se apenas o excremento, que se depositou em forma de cordas. Isso certamente é muito pouco para uma reconstituição e se denomina o ser desaparecido "tomaculum problematicum". Mas para a ciência nada é insignificante e sem valor. Essa corda de excremento sòmente é encontrada numa determinada ardósia do período do Ordovício; por isso a utilizam como "fóssil condutor". No lugar em que se encontra o "tomaculum problematicum" sabe-se que se está diante de camadas do Ordovício. A ciência é como o Rei Midas; o que ela toca, transforma-se em ouro.

Na margem interna da impressão que a pata fronteira do animal triásico deixou, o ôlho exercitado do detective de pegadas vê uma saliência. Um ôlho leigo nada notaria; mas o descobridor de rastos não é em vão o arguto observador de fósseis com 30 anos de experiência. Êle pega uma espátula e levanta a migalha, umedece-a e pesquisa ao microscópio: são restos de planta. Estão intatas? Não. Pisadas? Não. Mastigadas! Provàvelmente caiu da bôca de animal em movimento. Um vegetariano, portanto. Que plantas devorou? A papa mastigada não permite reconhecer. Mas...

Desde 1893 existe uma nova ciência, a análise do pólen. Os polens possuem superfície resistente que se conserva também nos fósseis. Através dêles se pode perceber quais as plantas que floresceram naquela época. O descobridor da análise do pólen conseguiu observar por êsse meio nos pântanos do Norte da Europa os tipos de florestas até a última época glacial, retrospectivamente. Há 12.000 anos a Europa ainda era uma tundra, isto é, uma planície de solo congelado. Depois, com a progressiva elevação da temperatura, foram surgindo florestas mistas de bétulas e salgueiros, pinheiros bravos em morros, pinheiros de florestas, florestas mistas de pinheiros bravos e bétulas; só mais tarde aparecem a aveleira, o carvalho, o amieiro, e por fim a faia. O pinheiro bravo recua, porém, das costas do Atlântico para o interior da Rússia.

Com o processo de análise do pólen o paleontólogo umedece o resto de planta tirado no rasto do reptil e encontra no microscópio pólen de cavalinha. Isso confirma a suposição de paisagem pantanosa. Mas, espere! Êle observa também pólen de coníferas e estas não dão em pântanos. Portanto, não era só uma paisagem de pântano, mas existiam também elevações florestais na vizinhança. Foram procuradas e encontradas. Nos restos de árvores se pode observar muita coisa. Se os troncos não têm anéis anuais como os das florestas de hulha, então reinou um clima uniforme. Se há anéis, alternavam-se estações frias e quentes. Pela grossura dos anéis observa-se a duração dos invernos. Do

lado do Sol as árvores se desenvolvem com mais fôrça e por comparação estabelece-se se as árvores cresciam isoladamente ou sombreavam uma à outra. Pelo diferente vigor dos ramos, reconhece-se o lado em que batiam as tempestades; quanto mais nítidos os vestígios do tempo, tanto mais fortes foram os ventos e as chuvas.

Todos os pormenores obtidos são registrados em mapas, tôdas as escavações são examinadas e os achados reunidos. No decorrer de décadas enchem-se os fichários, e no lugar onde hoje crescem batatas e feijão, aparece diante dos olhos do cientista a imagem de uma paisagem pantanosa. Êle vê fetos arborescentes e cavalinhas entre as quais nadam salamandras gigantes e esvoaçam insetos primitivos, e procura o reptil que é maior do que um cachorro, menor do que um bezerro e que se põe de pé nas patas traseiras como um canguru. O seu sonho é encontrá-lo, assim como outros sonham com fontes de petróleo ou minas de urânio. Esta é a vida do cientista: êle passeia entre aspargos e cenouras, medas de feno e sinais de vias férreas, mas não os vê. Êle vive na paisagem de sonho do Triásico que lhe está tão nítida diante dos olhos, como se há 180 milhões de anos atrás estivesse vadeando por aqui de botas e lata de botânico, entre cicadáceas e cavalinhas. Esta vida espiritual é a recompensa com que a ciência premia o seu discípulo pela paciência com que a serve, renunciando aos bens terrenos, tão caros aos outros.

Capitulo XVI

A CROSTA TERRESTRE INQUIETA

1) A crosta é deslocável sôbre o globo, causando assim a "emigração dos pólos"

Aprendem-se coisas curiosas na história natural. A água é fluida. O gêlo é sólido, mas o gêlo sólido é mais leve do que a água. Assim o magma solidificado é mais leve do que o líquido. Como o gêlo na superfície do tanque, o magma solidificado flutua sôbre a profundidade fluida e ígnea ao mesmo tempo formando a crosta do globo. A cobertura flutuante é sôlta e deslocável como os bancos de gêlo da região ártica (Fig. 79). Enquanto a Terra se vira para leste, a sua crosta mostra a tendência de retardar-se pelo oeste. Êste deslocamento da crosta terrestre é a causa da "migração dos pólos", não de pólos pròpriamente ditos e sim de regiões. Da órbita da Lua e de muitos outros indícios

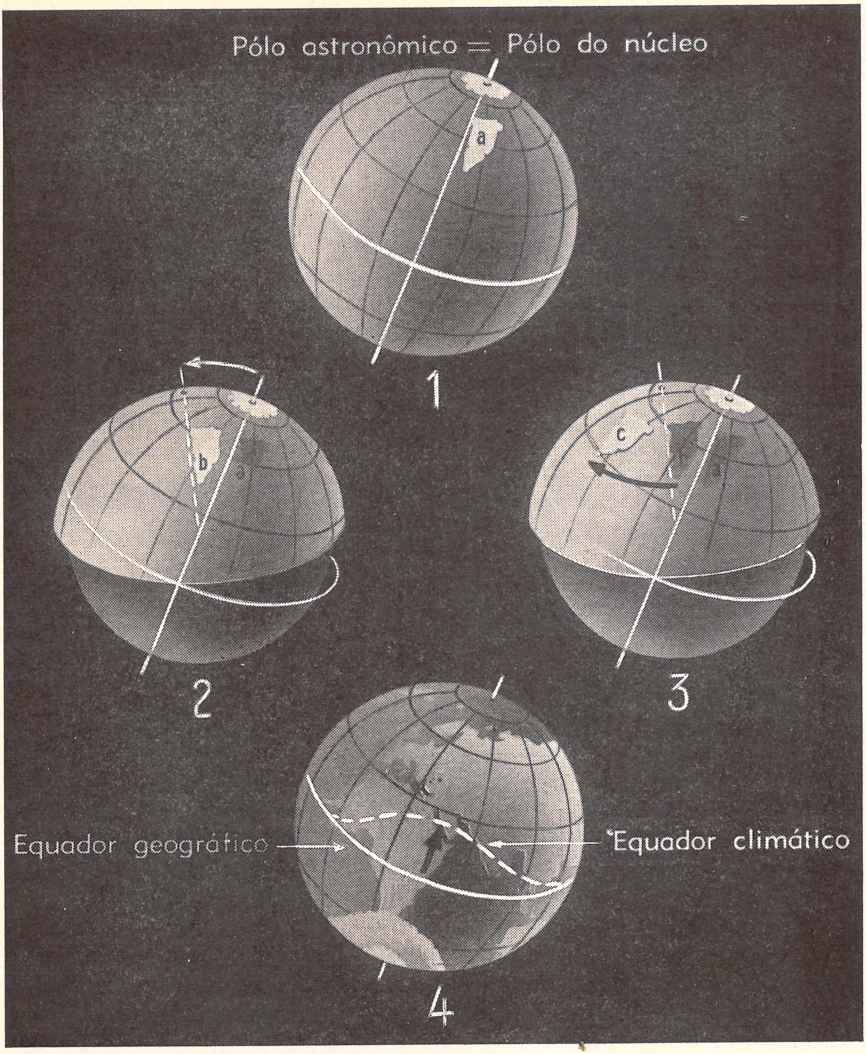


Fig. 79 — GLOBO E CROSTA TERRESTRES. 1. O eixo da Terra é estável. 2. A crosta terrestre é deslocável, manifestando a tendência de retardar-se pelo oeste. 3. Na crosta instável flutuam as ilhas e continentes. 4. Com a variação da camada polar muda o curso do "equador climático".

pode-se concluir que o eixo da Terra, desde há centenas de milhões de anos, permanece estável. A ilha *a* caminha com o disco de *a* para *b*. Com isso, modifica-se a sua posição relativamente ao pólo, mas não foi o pólo e sim a ilha que se deslocou (2). Como a crosta não é nenhum disco sólido e sim uma massa plástica, no interior da crosta chocam-se os diversos pedaços de Terra um contra o outro como as amêndoas na massa de bôlo (3). Deslocamentos dentro da crosta terrestre são o segundo motivo das supostas migrações dos pólos. Pela mudança da posição modifica-se naturalmente o clima. Uma região sai das latitudes dos Cavalos e caminha para os trópicos. Também as camadas cobertas de gêlo que se acham sôbre os pólos parecem alterar sua posição de quando em quando. A última época glacial foi, ao que se supõe, causada pelo fato de ao sul da atual se formar uma nova camada de gêlo. Massas de ar quente precipitaram-se contra Labrador, despejando aí, em enormes nevadas, o seu vapor de água. Por essas camadas de gêlo descentralizadas, naturalmente, as zonas de calor são deslocadas também de modo que o equador climático não coincide de forma alguma com o geográfico, como hoje (4). A idéia da migração dos pólos foi abandonada. No lugar dela, surgiram as não menos fascinantes teorias da crosta pastosa que se desloca. No "theatrum geologicum" levantou-se o pano para um novo ato de grande efeito.

2) A crosta terrestre é uma enorme massa de rocha e as montanhas sobem ao fermentar nas "amassadeiras"

Lidar com ciência no século XX significa sempre aprender de novo. Verificamos há pouco que o solidificado é mais duro que o líquido, mas não é mais pesado e sim mais leve. Agora viemos a saber que também não é duro. O pequeno pedaço de gêlo que o geleiro traz para a nossa casa é duro, mas um bloco do tamanho de uma casa já não o é, pois comporta-se como a massa plástica. Na época glaciária o gêlo não se espalhava em virtude do aumento do frio, mas tornava-se mais frio porque a camada de gêlo plástica da região ártica esparramou-se como massa por todos os lados na Europa até Paris, na América do Norte até St. Louis.

Como a água congelada, assim comporta-se o magma solidificado, a pedra. A pedra que nos cai na cabeça é dura; uma montanha é plástica como o asfalto e basta olhar em tôrno na paisagem para reconhecer como as camadas se deslocam por tôda parte e se levantam em forma de ondas, colocando-se em vertical até, para se espraiarem do lado oposto. Tudo está em contínuo movimento. Parece paradoxo, mas é verdade: uma casa bem construída sôbre a areia está mais segura do que uma outra sôbre a rocha, pois a areia da planície é a rocha inquieta da montanha que chegou ao seu estado de tranqüilidade.

Nos lugares em que se abrem fendas sobe a massa rochosa de dentro da profundidade, vagarosamente, no decorrer de milênios (Fig. 80, *a* até *c*). Temos então uma camada mais profunda e mais antiga sôbre outra mais recente e a ordem histórica é perturbada (*d, e*). Nos Alpes encontram-se amonites a 2.000 m de altura; são, portanto, restos de animais que se extinguiram há milhões de anos. Os Alpes são mais recentes. Essa amonite nunca viveu ali em cima. Ela foi para lá do fundo de um mar, petrificada, como se fôsse empurrada por um trem de ferro montanhês (*f*). As montanhas vêm das profundidades — com isto estudamos novamente uma proposição paradoxal da geologia moderna. Nos pontos em que a crosta terrestre é muito forçada, ela arrebenta e cria-se uma cavidade ou fôsso. As margens do fôsso destituídas do apoio natural abaúlam-se sob a pressão do magma, formando assim as "montanhas marginais".

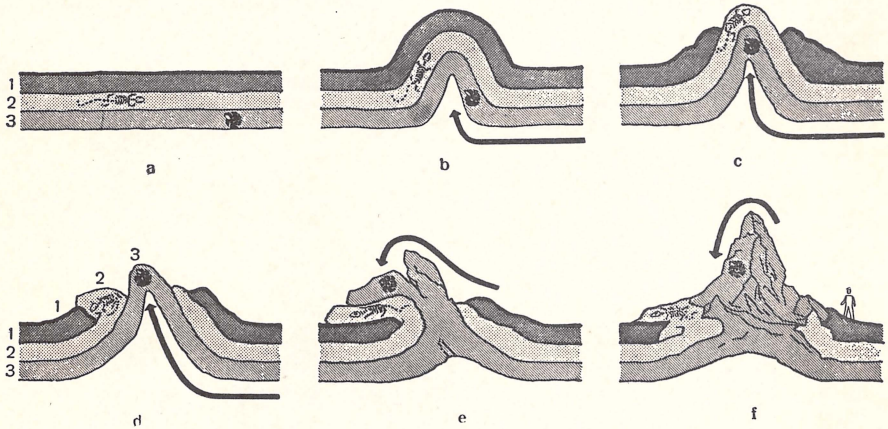


Fig. 80 — COMO É QUE A AMONITE SE TRANSPORTOU PARA O "MATTERHORN"? As rochas são plásticas e incham como massa de pão. Observe-se a subida da amonite (flecha).

Um exemplo de montanhas de ruptura e de montanhas marginais é o vale do Reno superior. Êle é um "fôsso" e suas margens são os Vosgos e a Floresta Negra: o fôsso mais profundo do globo está localizado na Síria e na Palestina. Na Síria tem o nome de Bekaa e as suas montanhas marginais são o Líbano e o Antilíbano (Hermon) (Fig. 81); a sua continuação denomina-se "fôsso do Jordão", porque serve de leito para o rio dêsse nome. Nesse local êle alcança a profundidade de 400 m sob o nível do mar. Suas margens ergueram-se até 1.000 metros e na orla do platô está Jerusalém, "a cidade das alturas" (Fig. 82).

O fôsso sírio-palestino é uma parte do mais comprido dos fossos atualmente existentes, que sob a denominação de fôsso leste-africano se estende do Cáucaso até a cidade do Cabo (veja Fig. 89). Também êle está tìpicamente margeado de montanhas em tôda a sua extensão. Fossos

Fig. 81 — O FÔSSO MAIS PROFUNDO DA CROSTA TERRESTRE. O fôsso do Jordão, que alcança 400 m de profundidade sob o nível do mar, é a parte mais profunda do fôsso leste-africano (compare-se com a Fig. 89).

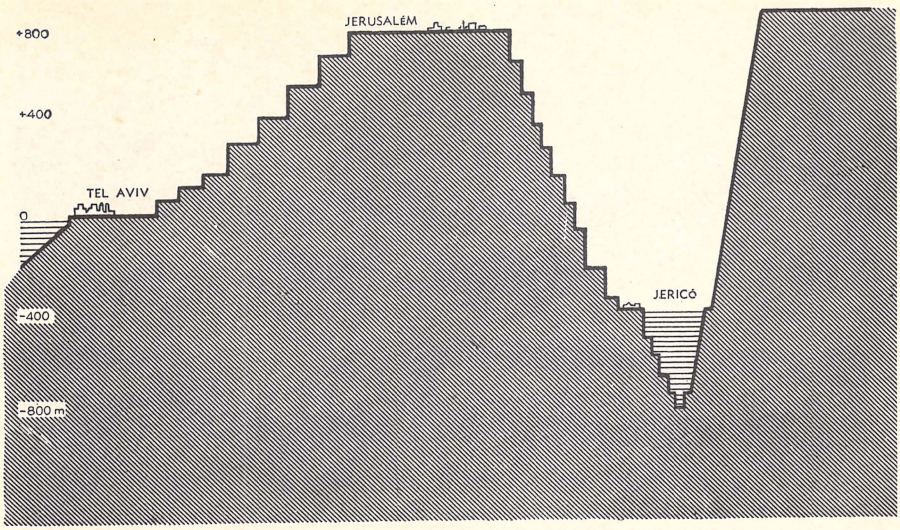


Fig. 82 — O PERFIL MAIS INTERESSANTE DE TODOS OS PAÍSES SE OBSERVA EM JERUSALÉM. "A cidade construída no alto" acha-se a 800 m sôbre o Mar Mediterrâneo ali próximo (à esquerda), em um "cimo", cujos degraus descem, íngremes, 400 m e depois novamente 400 m sob o nível do Mar Morto. Jericó é o mais profundo local habitável e o Mar Morto o mais fundo e por isso o mais salgado dos mares.

são feridas. Como estas, êles também manifestam a tendência de se fechar, formando cicatrizes elevadas. Contra o fôsso sem resistência, empurrado pela pressão lateral da crosta, as margens avançam tornando-o mais estreito. Se êle se encheu, como é comum, com entulho geológico, êste é primeiro comprimido e depois expelido pelo estreitamento cada vez maior do fôsso.

Entre a África e a Europa corre um fôsso que se encheu em parte de água, formando o Mar Mediterrâneo. Êste era antes disso mais largo e mais profundo. Atualmente a África avança para o Norte e empurra o entulho do fundo do Mediterrâneo para a frente e por cima da margem sul da Europa, que oferece resistência (Fig. 83). Os Alpes são o produto dêsse amontoamento. Com o fundo do velho mar "Tétis", erguem-se os animais marinhos petrificados, encontrando-se assim no alto das montanhas os restos de animais da profundidade. Como é curioso: Montes altos são cozidos de massa de rocha em fundas amassadeiras.

A teoria das montanhas provindas do mar é sem dúvida justificada. Mas na crosta terrestre entram em jôgo tantas fôrças que as montanhas, por certo, podem originar-se de diversas maneiras. O problema é difícil e ocupou muitos espíritos há várias décadas. Quase todos os geólogos preferem uma ou outra teoria, antes movidos pelo seu temperamento ou gôsto particular do que pelos fatos pròpriamente ditos. Nenhuma

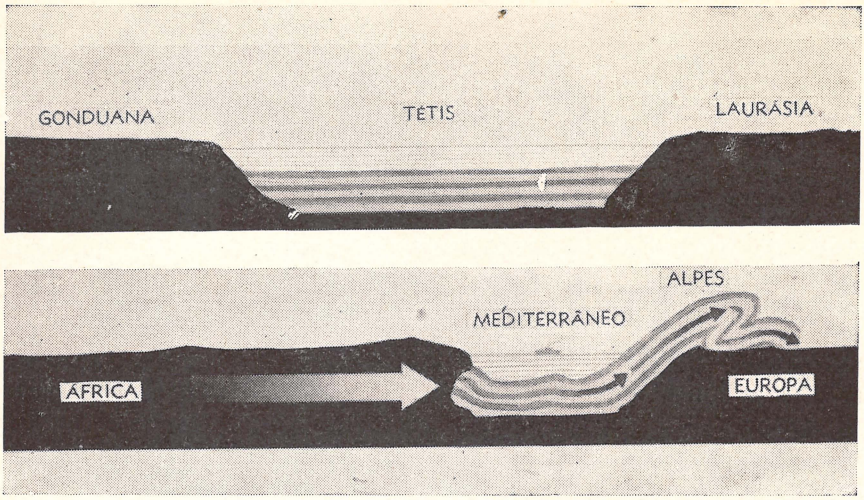


Fig. 83 — A ORIGEM DOS ALPES. As montanhas emergem de fossos. Os Alpes são o entulho do fundo, levantado pela pressão da Gonduana contra a Laurásia do antigo mar mediterrâneo "Tétis". Por isso é que as rochas dos Alpes são entremeadas com animais marinhos.

dessas teorias, porém, conseguiu dominar muito tempo, provàvelmente porque não há uma teoria satisfatória sôbre a origem das montanhas. E por isso a idéia de que as montanhas vêm das profundidades do mar também só constituirá uma contribuição e não a solução. A Terra vive e a vida desafia as leis.

Capítulo XVII

OS CONTINENTES FLUTUANTES

1) Uma realidade: ilhas e continentes modificam a sua situação geográfica

No ano de 1823 o geógrafo inglês Sabine descobriu na costa leste da Groenlândia a pequena Ilha "Sabine Island", determinando a sua posição geográfica. Quando em 1869 se repetiu essa determinação, verificou-se que a ilha se achava mais 420 m para o oeste do que fôra indicado por Sabine. Êsse desvio ultrapassou o limite de êrro comum e foi com surprêsa que se tomou conhecimento dêle. Quando em 1906 o govêrno dinamarquês enviou uma de suas expedições periódicas para a Groenlândia, o jovem Alfred Wegener constatou que a ilha se achava

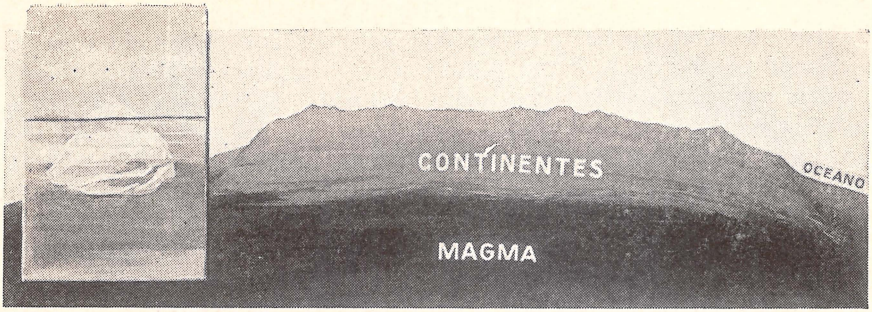


Fig. 84 — OS CONTINENTES FLUTUAM. Da mesma forma que os "icebergs" na água (à esquerda), assim também se presume que os continentes flutuem no magma semilíquido sob a crosta terrestre (à direita).

novamente 1.190 m mais a oeste do que se verificara há 37 anos atrás. Tornou-se assim claro: não eram os geógrafos que cometiam o êrro e sim a ilha é que tinha culpa... A Ilha Sabine caminhava para oeste. Wegener examinou então a posição das outras massas de Terra ártica e observou que tôdas se deslocam para oeste com diversas velocidades; a Groenlândia caminha anualmente cêrca de 6 m; a América afasta-se da Europa; a distância entre Cherburgo e Nova York torna-se diàriamente 1 mm maior. Os soldados americanos, que na segunda Grande Guerra vieram para a Europa, tiveram que viajar 10 m mais do que os seus antepassados há 25 anos atrás. Os arquitetos egípcios olhariam espantados para a sua pirâmide de Queops, que se acha mais 4 km para o Sul. Se Ulisses visitasse hoje os lugares da Odisséia, buscaria em vão Caribde; as colunas de Hércules estão separadas uma da outra 3 vêzes mais e a voragem de Gibraltar aplacou-se em uma corrente. O Estreito de Messina também alargou-se de 2,2 km na antiguidade para 3,3 km atualmente. Roma caminha para o Equador, a Austrália desloca-se para leste, o mundo de ilhas da Polinésia espraia-se.

Há duas coisas fundamentalmente diversas na ciência, uma é descobrir fatos, a segunda consiste em explicá-los. As rãs vivem na primeira metade de sua existência como girinos na água; isto é um fato. "Elas assim procedem porque os seus antepassados eram animais aquáticos" — esta frase é a tentativa de explicação, uma teoria. O deslocamento das posições geográficas é realidade. Wegener tentou explicá-lo e estabeleceu a "teoria da flutuação dos continentes" (Fig. 84). Esta não foi inventada por êle, mas, provàvelmente sem que o soubesse, formulada três vêzes antes dêle por predecessores que um pesquisador pode citar com orgulho e confiança: no século XVII na Inglaterra por Bacon, no século XVIII na França por Buffon, o pai espirituoso e versado da moderna zoologia, e no século XIX na América do Norte por Pickering, que descobriu e interpretou corretamente o desvio das

riscas nos espectros das estrêlas. Wegener, porém, é apontado como o criador da teoria, pois em ciência não é considerado "descobridor" quem menciona um fato pela primeira vez, mas sim quem reconhece a sua importância e, explicando-o cientìficamente, lhe proporciona o devido lugar na história. Por isso Lucrécio, Goethe, Herder, Lamarck só são reputados precursores da história da evolução, mas Darwin seu criador; por isso James Watt é considerado inventor da máquina a vapor, Colombo o descobridor da América, Einstein o criador da teoria da relatividade. Infelizmente Wegener, que foi um pesquisador entusiástico da região ártica morreu de fome numa expedição posterior quando atravessava o imenso deserto de gêlo da Groenlândia em esquis. Encontraram-no morto, deitado sôbre um catafalco de neve, por êle mesmo amontoada ao lado dos seus esquis, espetados na neve à guisa de monumento — um golpe do destino não só para êle, como para a ciência e sobretudo para a sua órfã — a teoria dos continentes flutuantes — que não encontrou outro estudioso de igual capacidade e fôrça criadora.

2) Uma teoria: os continentes da atualidade são frações de grandes continentes primitivos

Quando logo depois de 1600, Francis Bacon, êsse homem milagroso da côrte da Rainha Elisabete, a quem se atribuem os dramas de Shakespeare, examinava os primeiros mapas mais ou menos corretos da América, reparou imediatamente na semelhança das costas do Atlântico. As orlas do leste da América identificam-se de modo espantoso com as margens do oeste da Europa e da África e nêle nascia a idéia básica da teoria moderna da flutuação dos continentes: a Europa, a África e a América são os fragmentos separados de um continente primitivo que Wegener denominou a Pan-Geo, o "mundo unitário" da pré-história (Fig. 85).

Êsse retrato da Pan-Geo que Wegener esboçou genialmente em 1910 está superado, mas êle ilustra perfeitamente as idéias básicas que ficaram inalteradas da teoria da flutuação. De acôrdo com esta, os continentes são frações que se espalham como os cacos de um prato partido. Não são apenas as margens dos cacos, as costas, como também as "rugas", as montanhas e fossos que se adaptam peça por peça. Também as "flores" pintadas nêle, as paisagens e camadas geológicas fecham-se fragmento com fragmento. Vestígios de cadeias de montanhas que começam na Escandinávia, atravessam as Ilhas Britânicas e se perdem nas planícies da América do Norte. No hemisfério sul do globo corre uma ruptura desde a Bolívia, passando pela África do Sul, até a Austrália em direção aos três continentes América do Sul — África — Austrália denominada "Samfrau" em alemão. Dela ergueu-se uma montanha,

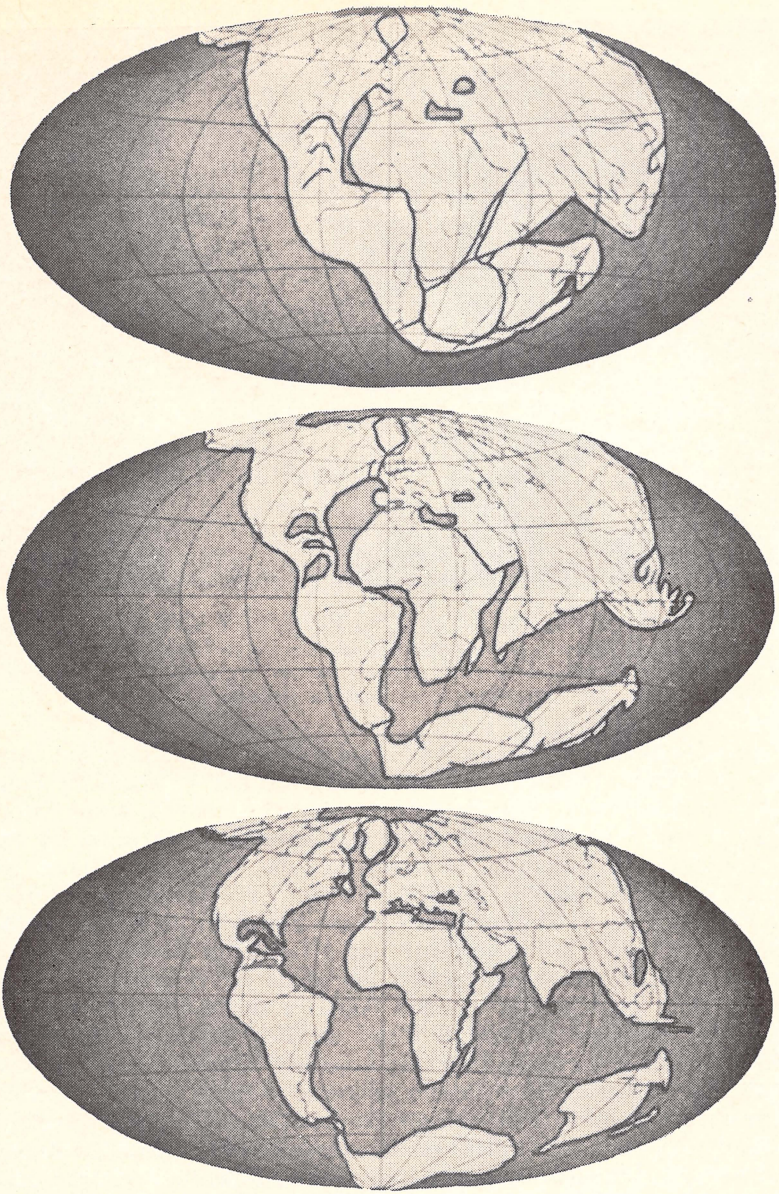


Fig. 85 — A FLUTUAÇÃO DOS CONTINENTES. Essa imagem já clássica da flutuação dos continentes que A. Wegener no início do século tornou conhecida, foi entrementes modificada, mas a idéia fundamental permaneceu. Os continentes atuais são os fragmentos de um bloco continental, cujas partes se separam lentamente.

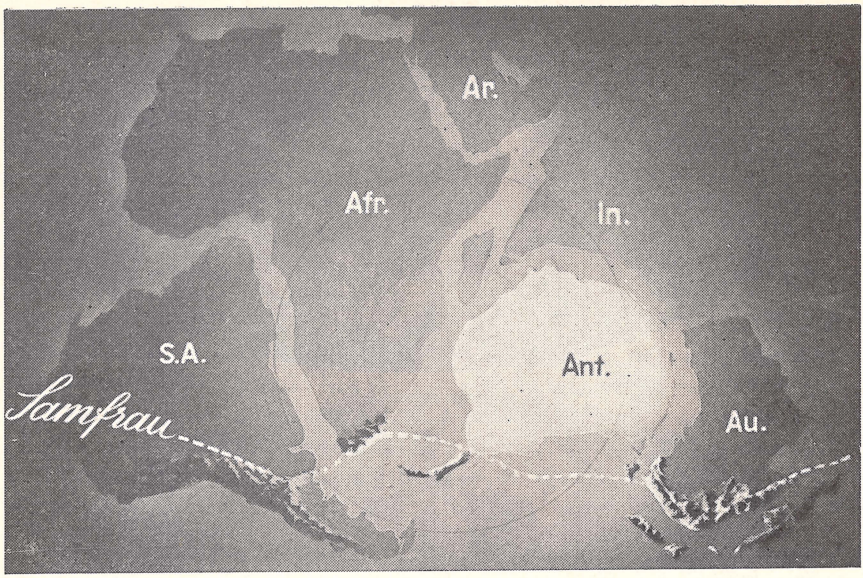


Fig. 86 — GONDUANA. Os continentes do hemisfério sul formavam primitivamente, em tôrno da massa de terra polar Antártica, um bloco que recebeu o nome de uma região indiana, a Gonduana, e cujos fragmentos em dispersão são a América do Sul, África, Arábia, Índia, Austrália e as ilhas da Oceania.

que se pode observar desde os Andes até a Nova Guiné (Fig. 86). Assim como na "cinta carbonífera" Pensilvânia — Gales — Norte da França — Ruhr — Silésia — Região do Don — está o carvão, nesta cinta se acham o ouro, os diamantes, manganês e estanho. O ouro do Peru que constituiu o Eldorado, os diamantes da África do Sul, as jóias fantásticas das coroas dos marajás e o ouro que atraiu aventureiros para os ermos da Austrália, todos êles são extraídos do fundo do fôsso "Samfrau". Como a crosta terrestre não é rígida, os contornos dos continentes modificaram-se um pouco por meio de dobraduras e torcimentos. Dobras encurtam; assim a América do Norte, por meio dos Apalaches, estreitou 150 km; o Cabo da Boa Esperança recua para o Norte devido à formação de montanhas por dobramento. Além disso, os pedaços de terra firme, como acontece com os cacos que voam, viram de tal modo que êles ficam em posição contrária à direção de vôo. Por isso, embora a África se aproxime presentemente da Europa, o estreito de Gibraltar se alarga. No mundo dinâmico de 1950 giram não sòmente as espirais estelares do "universo em explosão", como também os fragmentos da Pan-Geo arrebentada!

Junto com os fragmentos foram flutuando plantas e animais, permitindo reconhecer quais os pedaços de terra que eram antigamente unidades geográficas e quando se separaram. As florestas, hoje tão dispersas, do período carbônico constituem unidade histórica. Animais de tôdas

as épocas como aranhas, caranguejos, escorpiões e mariscos estão distribuídos de um modo que quase não se pode explicar senão admitindo-se a hipótese de aderências antigas. Também a distribuição dos mamíferos favorece a teoria da flutuação. Um dos exemplos freqüentemente citados pelos adeptos dessa teoria são as vacas marinhas. Trata-se de animais de água doce que também vivem na água do mar próximo às costas. Antigamente eram espalhados e há 100 anos atrás ainda os havia diante do Labrador. Hoje os seus remanescentes vivem em poucos lugares apenas, como na América do Sul junto à foz do Amazonas e "defronte", na África, junto à foz do Congo. Os adeptos da teoria também apontam a distribuição dos macacos, que igualmente vivem do outro lado da África e dêste lado na América do Sul. Mas os que repelem a teoria fornecem outras explicações, e como somos mestres para descobrir e pouco hábeis na interpretação, a luta dos argumentos biológicos pende ora para um ora para outro lado. O leigo, que muitas vêzes pode julgar melhor do que os contendores, tem a impressão de que os seguidores da teoria são muito mais fortes e de que êles terão a vitória. Para nós, que nada mais queremos do que observar a imagem do mundo que a ciência do nosso tempo esboça, não nos interessa tomar partido. Registramos apenas a teoria da flutuação dos continentes como uma das mais belas e sem dúvida mais férteis idéias que a ciência do século XX apresentou à humanidade.

3) Os movimentos continentais do passado: duas grandes massas de terra. Laurásia do Norte e Gonduana do Sul lutam desde tempos primitivos pelo Equador

Na medida em que podemos perscrutar o passado geológico — e isto são alguns 500 milhões de anos, — na crosta terrestre defrontam-se duas grandes massas de terra, a massa Sul, cuja parte central é o continente antártico e a massa Norte, cuja parte nuclear é a Groenlândia (Fig. 87). Elas estão separadas por um fôsso que, a oeste, pelas grandes profundidades marinhas das Antilhas, separa a América do Norte da América do Sul, no seu centro separa a Europa da África por meio do Mediterrâneo e na sua extremidade leste divide a Ásia em duas partes pelo Himalaia. Como equivalente do "Samfrau" dever-se-ia denominá-la Antilhas-Mediterrâneo-Himalaia ou "Anti-Medi-Him". A terra sul se designa pelo nome tomado ao acaso de uma província da Índia, "Gonduana", a terra norte com o nome certo de "Laurásia"; a província canadense Laurenciana é o tronco geológico norte-americano.

Estas duas massas de terra, como Wegener reconheceu corretamente, impulsionam-se para o Equador, chocando-se como blocos de gêlo um no outro; depois flutuam para trás. Cada movimento para frente e para trás dura cêrca de 100 milhões de anos arredondadamente, de modo que

Fig. 87 — A LUTA ENTRE GONDUANA E LAURÁSIA. As massas de terra da Gonduana e da Laurásia periòdicamente avançam para o Equador. Em conseqüência produzem rachas e dobras, que se estendem pela Terra, e que aparecem como profundidades marinhas e montanhas.

nos últimos 500 milhões de anos ocorreram 5 choques. Primeiro Gonduana foi mais agitada e dominante: desde o período carbônico Laurásia tomou a dianteira. Pelos movimentos de vaivém o fôsso Anti-Medi-Him é periòdicamente alargado ou estreitado. Na fase da separação, êle se aprofunda e enche-se de água, tornando-se um "mar mediterrâneo"; nas épocas do choque como atualmente, êsse mar se estreita e as margens do fôsso avolumam-se em montanhas. Na sua orla sul estende-se a cadeia desde o Atlas até o Himalaia; no norte a série de montanhas desde os Alpes até o Cáucaso. Os Alpes são a orla sul da Laurásia, impelida para cima pela Gonduana (África) que exerce pressão em direção norte, entremeada com o cascalho de fôsso oriundo do leito do mar mediterrâneo, Tétis. Naturalmente, a crosta terrestre empurrada para cima e dobrada se fende tornando-se permeável, a ponto de verter o magma. Tôda a orla enrugada do Oeste da América, do Alasca até as Ilhas de Falkland está crivada de vulcões, do mesmo modo todo o fôsso do "mediterrâneo", onde, só para citar nomes famosos, se acham a oeste da crosta fendida o Popocatépetl e o Monte Pelée; na região européia o Etna, Vesúvio, Olimpo e os vulcões de Hauran, a respeito dos quais diz

o poeta dos salmos: "E tu fazes as montanhas deitarem fumaça como chaminés".

Como fronteira belicosa entre a Laurásia e a Gonduana está o Anti-Medi-Him, uma região de agitação contínua. Ali Sodoma e Gomorra, sucumbiram numa fenda da Terra, e Tiro resvalou para o Mediterrâneo — "Ó cidade opulenta e arrogante à beira-mar, como pudeste desaparecer!" No reinado de Usias, a Palestina foi, segundo as palavras do profeta, "balançada como um berço" e a catástrofe rompeu a trama da História de tal modo que se começou a contar de novo no calendário e o livro de Amós se inicia pelas palavras: "Escrito no segundo ano antes do grande terremoto". Corinto foi destruída pelo terremoto, Pompéia soterrada na cinza do Vesúvio, o templo de Baalbek, tão grande, que mãos bárbaras não puderam demolir suas colunas, foi destruído por dois terremotos no intervalo de 500 anos. A primeira aventura científica de Goethe foi o terremoto de Lisboa, assim como nós quando crianças vivemos com terror a erupção do Monte Pelée, sem poder esquecer que de todos os habitantes da cidade de Martinique só escapou um criminoso, que se achava prêso a ferros numa prisão sob o rochedo e que, portanto, não pôde, como os outros correr para fora ao encontro do calor abrasante. Pouco depois foi destruída Messina e no México, em 1943, surgiu diante dos olhos espantados dos camponeses, em meio da lavoura, um vulcão novo que cresceu como se debaixo dêle estivesse trabalhando uma toupeira gigante do mundo subterrâneo de Plutão. Em 1950 o Himalaia foi atingido por um "grande terremoto" que foi das mais tremendas catástrofes registradas na História e que, segundo consta, teria soerguido o Monte Everest juntamente com as montanhas vizinhas mais de 60 metros. O que se passa em nosso decamilênio é relativamente ao espaço de tempo dos acontecimentos geológicos apenas uma catástrofe de trem: o "Expresso Gonduana" e o "Laurásia" se chocam, engavetando-se os vagões. Abraão conseguiu salvar-se dêsse desastre, mas Plínio pereceu nêle. Presentemente tombam os "vagões" Jamaica e Cuba. Jamaica é empurrado para cima, resvalando para o sul, enquanto o seu vagão vizinho, Cuba, se vira para o norte. Entre êles abre-se na crosta da Terra uma fenda íngreme de 7.000 m de profundidade, denominada, em homenagem aos seus descobridores, "Abismo Barlett e Brownson". Quem vive numa das ilhas das Antilhas — e como é bela essa região! — está flutuando num navio naufragado, que as ondas do mar de magma levantam e abaixam, fazendo estalar tôdas as juntas. Não é com muito mais segurança que se reside nas ilhas e costas do Mediterrâneo ou em qualquer outro ponto do Anti-Medi-Him. Só se pode viver sob o sol da Jônia porque se sabe que a vida humana dura apenas uma fração de centésimo de segundo geológico. É preciso o tempo de mil gerações para que o carro inseguro do trem descarrilando caia por terra.

Fig. 88 — A ÍNDIA VAI PARA DEBAIXO DA ÁSIA. A Índia está comprimida como uma parte adiantada da Gonduana contra e sob o continente asiático. Com isso ela impele para a frente o Himalaia e as montanhas da Birmânia (Burma).

4) Os movimentos continentais do presente: a África rasga-se, a América flutua em direção oeste e a Polinésia dispersa-se

Ambas as massas terrestres, Laurásia como Gonduana, estão em vias de desintegração. Gonduana fendeu-se em primeiro lugar e portanto está mais desmembrada do que a Laurásia, cuja desintegração principiou há apenas 150 milhões de anos. Os fragmentos da Gonduana acham-se largamente espalhados, mas a dispersão não está de modo algum terminada. A Índia em sua fuga para o leste entra como uma cunha no continente asiático, e com isto vai amontoando as massas de terra na sua frente e nos lados, formando altas montanhas, as mais altas da Terra. Geològicamente é maior do que parece geogràficamente, pois ela se mete *debaixo* do Afganistão e do Tibete, soerguendo-os de modo que o Tibete se tornou o país mais montanhoso do mundo primitivo. De lado, porém, do bloco de terra apertando para a frente ondulam as cadeias paralelas daquelas montanhas que separam a Índia do sul da China e Birmânia; são as ondas que levantam a proa do navio continental "Índia" (Fig. 88). A África oferece a imagem de um continente que se desagrega nas beiradas; alguns pedaços já se desprenderam, outros estão em vias de se separarem. O seu canto noroeste ela o perdeu para a Europa, pois a Espanha é um pedaço da África que está colada na

Fig. 89 — A ÁFRICA SE RASGA. O fôsso africano do leste começa na Ásia Menor, atravessa a Síria com o nome de Bekaa e a Palestina com o de Vale do Jordão, separa a África da Ásia com o nome de Mar Vermelho e atravessa tôda a África de leste até a terra do Cabo. Êsse fôsso anuncia a ruptura "iminente" da parte leste do continente africano.

Europa. A sua soldadura enrugada são os Pireneus. É por aqui e não através do Estreito de Gibraltar que passa o limite geológico entre a África e a Europa. Também a parte noroeste da África se desprendeu: a Arábia e, no Terciário mais antigo, afastou-se flutuando a Ilha de Madagáscar. Paralelamente à costa leste localiza-se o fôsso africano do leste, o mais longo e mais belo fôsso da crosta terrestre em nossos dias. É uma fenda imensa que, por assim dizer, nos mostra o início de uma ruptura continental: aqui desgarra-se a África! (Fig. 89). À intranqüilidade tectônica dessa fenda devemos as primeiras narrativas autênticas acêrca de terremotos, que são as notícias da Bíblia. A Palestina, também nisso "país incomparável", situa-se no ponto de interseção dos dois maiores fossos do nosso tempo: O Anti-Medi-Him que contorna a metade do globo em direção oeste-leste, e o fôsso africano do leste que corre de norte a sul, desde o Cáucaso à terra do Cabo. Não admira que seja o país clássico dos terremotos em que Tiberíades no Mar Genesaré é vítima de um grande terremoto na média de cada sete anos, sendo destruída três vêzes em cada século.

O futuro da África se lê em suas fendas como um destino nas linhas da palma da mão. "Em breve" a Somália tornar-se-á uma ilha que se dirigirá para leste, como o fêz Madagáscar. Niassa lhe seguirá as pe-

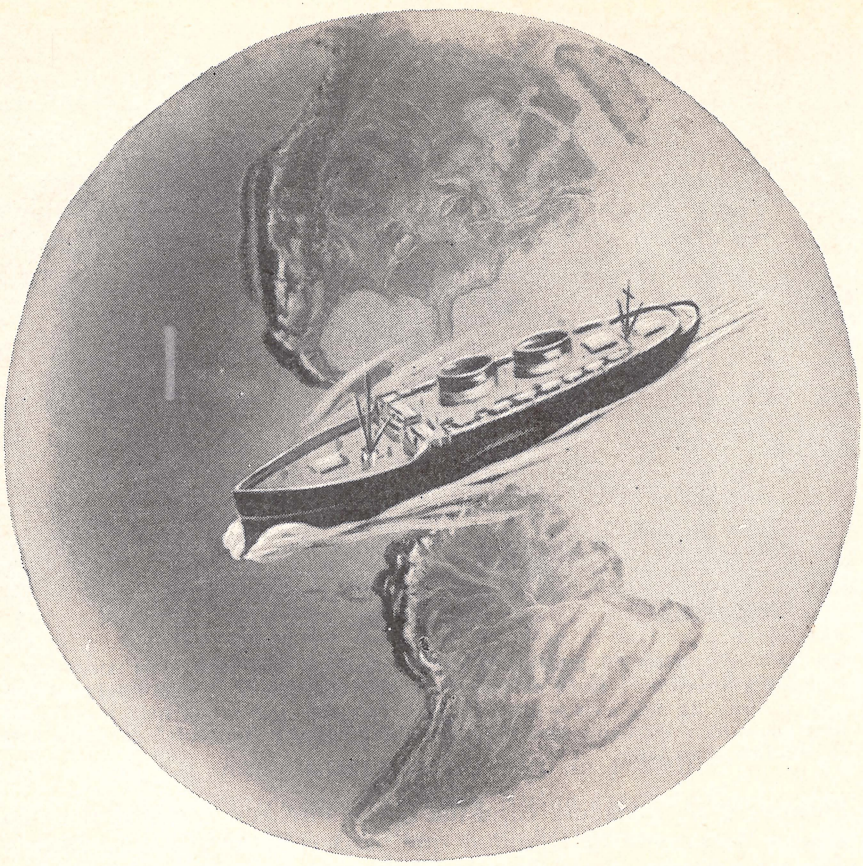


Fig. 90 — A AMÉRICA FLUTUA EM DIREÇÃO OESTE. Como as ondas na proa de um navio em marcha, assim se avolumam na costa oeste da América que marcha para a frente os elevados sistemas montanhosos das "Rocky Mountains" e dos Andes, pela resistência do leito duro do Pacífico.

gadas. Depois disso a terra do Cabo, onde as montanhas sobem perigosamente, se desprenderá, seguindo-a, flutuando, o deserto de Kalahari, que então já não é deserto e sim uma "ilha feliz". Verdade é que seria preciso transformar os dias da humanidade em milênios, a fim de que ela pudesse presenciar êsses fenômenos.

A Laurásia também está em vias de se desintegrar. A leste a longa cadeia dos Montes Urais denuncia que ali existe uma fenda que no decorrer das épocas se abriu várias vêzes em fossos, entulhando-se depois até formar montanhas. A oeste a América se desprendeu, flutuando para o Pacífico. Pela sua frente encontra resistência na bacia do Pacífico, que é muito dura, e por isso essa orla se abaulou formando a comprida onda fronteira das montanhas costeiras (Fig. 90). Nos últimos 150 milhões de anos uma vaga levantou-se neste ponto cinco vêzes

e cada uma delas empurrou as anteriores mais para o interior. A mais antiga é a Sierra Nevada. Pela pressão muito forte formaram-se fendas como o Grand Canion. Debaixo dos morros encontram-se, de modo característico, muitos vulcões, hoje apagados. Da costa separam-se faixas que em parte aparecem ainda hoje como ilhas e penínsulas. A Califórnia é atualmente uma península, mas amanhã será uma ilha — "amanhã" em geologia significa daqui a 60 ou 160 milhões de anos. A intranqüilidade da faixa é denunciada pela freqüência dos tremores. Depois do terremoto de S. Francisco de 1906, havia uma faixa de 400 km de comprimento deslocada mais 6 m para noroeste do que dantes — verdadeiro salto no movimento para oeste do continente. Nenhuma das grandes cidades da costa oeste possui trem subterrâneo, devido à intranqüilidade de seu solo.

Na margem fronteiriça dos continentes em movimento a resistência do magma amontoa a crosta fazendo surgir montanhas; na margem posterior, o magma, que é tenaz como asfalto, extrai pedaços do casco do navio continental em viagem e êsses fragmentos caminham na voragem do mar de magna, atrás dos continentes como ilhas de esteira (Fig. 91). É quase uma regra que por cima delas irrompam vulcões, sendo que êles seguem a lei geofísica de entrar em erupção sempre nos lados voltados para o continente.

São belas leis estas encontradas, e que emprestam à geologia o caráter de uma ciência moderna, trabalhando com fórmulas e idéias dominantes. A exclamação de nosso século é "dinâmica". Dinâmica! exclamou Darwin e do armário de vidro do museu zoológico saltaram os animais empalhados e o conservador do museu, que se achava absorvido no desenho de uma concha, apressou-se em procurar a rapôsa polar no Ártico e as girafas que tinham fugido para as savanas. Em frente, no Instituto Botânico, as plantas ressecadas começaram a brotar nas bordas dos herbários e a trepar pelas janelas; as abelhas vieram, e em vez de contar os estames foi preciso estudar a biologia da florescência. Nos atlas dos observatórios astronômicos, que pareciam válidos para a eternidade, as estrêlas fixas começavam a deslocar-se; a Ursa Maior estendia a sua pata, Órion perdeu o seu cinto e o Sagitário atirava salvas de formações globulares de sua aljava fechada há 3.000 anos. "Dinâmica", e aquilo que era "criação irredutível de Deus", o átomo, explodiu sob as mãos dos físicos, espalhando prótons e nêutrons, mesons e neutrinos. A matéria depois vibrou em irradiações de luz e calor, transformada em dinâmica. As "leis férreas, inalteráveis e eternas", que Goethe cantou, volatilizaram-se nos conceitos de mutação da relatividade e nos "fatôres de incerteza" da mecânica quântica. Na fantasia de um padre belga o universo todo até havia explodido. Assim também a exclamação "dinâmica!" penetrou no silêncio dos gabinetes de geologia com suas coleções de conchas, e nos corredores empoeirados através dos quais quase não era possível mexer-se entre os fósseis e figuras de gêsso. Alerta, zeladores de fósseis!

Fig. 91 — AS ILHAS DE ESTEIRA (*). Na esteira dos grandes continentes, o magma tenaz arranca pedaços de terra e levanta-os por meio das ondas de quilha. São as ilhas montanhosas. A costa leste asiática está cercada de ilhas dessa espécie.

(*) Esta ilustração será melhor compreendida, lendo-se o texto que a explica melhor, na pág. 231, período do meio (N. da T.).

Flutuai, continentes, boiai, oh, ilhas! Montanhas, saltai como cabritos e vós, colinas, como os rebanhos. Abri-vos, ó profundezas e expeli de vosso regaço as montanhas! Não sòmente os continentes, também os espíritos entraram em agitação.

5) *A Atlântida desaparecida — Realidade ou mito?*

O teor de verdade nas narrativas literárias da natureza, pode ser determinado sem dificuldade. Na Bíblia as regiões, plantas, animais e clima são de tal modo descritos que, da veracidade das mesmas não pode ocorrer a menor dúvida. Sòmente Ezequiel, Lucas e alguns salmistas tardios erram, denunciando-se como estrangeiros, que tecem fábulas sôbre a terra que não conhecem. A um êrro assim cometido por Lucas, o mundo deve o Domingo de Palmas, pois na terra montanhosa da Judéia não crescem palmas. As narrativas sôbre a natureza de Homero são, apesar do simbolismo poético, tão corretas, que é possível reconstruir por elas a viagem de Ulisses. Na leitura da Ilíada, Schliemann chegou com instinto seguro à conclusão de que Tróia devia ter existido. O antigo vendedor de arenques, apesar da caçoada dos profissionais, partiu com a Ilíada no bôlso para procurar Tróia e encontrou-a soterrada no entulho, exatamente como Homero a tinha descrito no mínimo detalhe, incluindo a banheira de Helena.

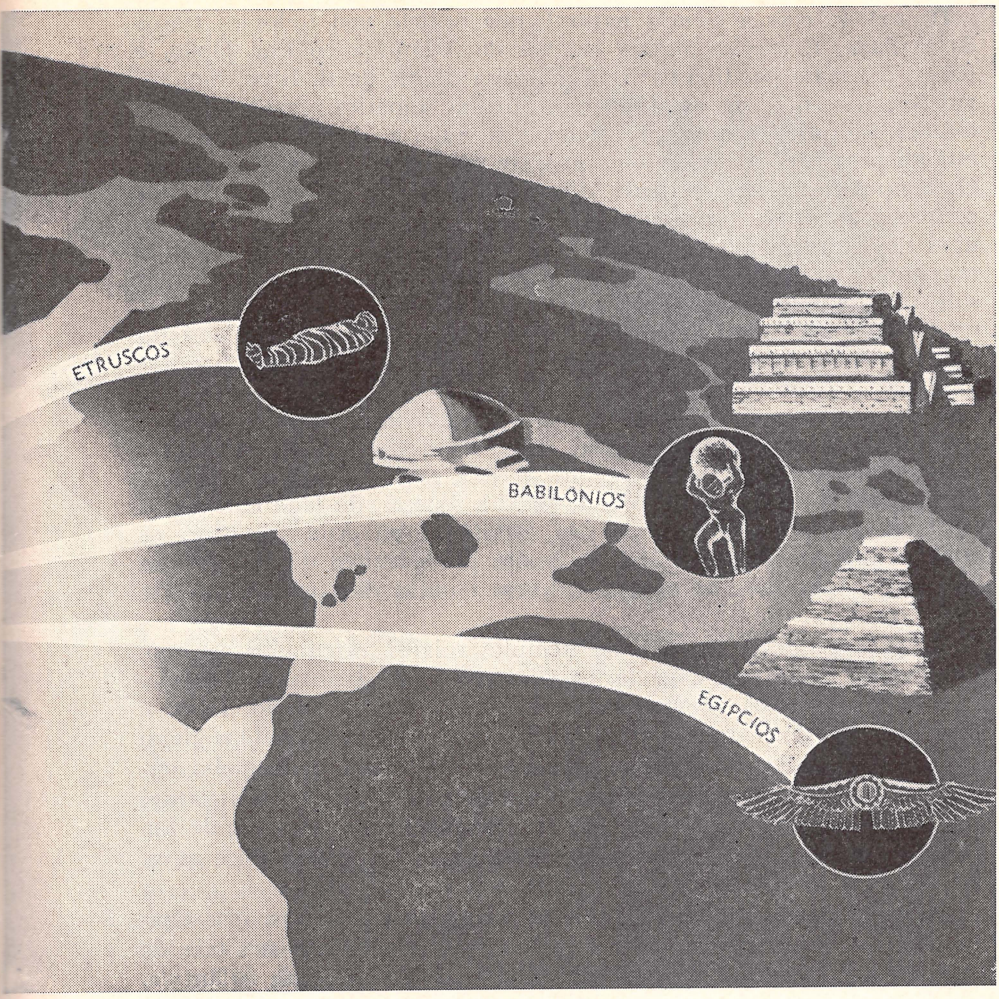
Quem lê as narrações dos escritores antigos acêrca da Atlântida desaparecida, sobretudo o que nos conta Platão, nem um segundo duvida que não se trata de fantasia e sim de uma realidade. É possível inventar mentiras, mas não se inventam verdades.

No "Timóteo" Platão conta que o primeiro legislador de Atenas, Sólon, (600 anos a. C.) viajou para o Egito a fim de estudar a organização do Estado mais antigo do Nilo. Os sacerdotes receberam-no com honrarias, pois êles conheciam os antepassados de Sólon. O próprio Sólon, disseram êles, nada podia saber de seus antepassados, pois o antigo reino da Grécia havia desaparecido num terremoto e com êle tôdas as testemunhas. Êles, porém, os egípcios residindo na areia aluvial do Nilo, livre de terremotos, e tendo ao contrário dos gregos, inclinações historiográficas, sabiam com exatidão o que era êsse reino e muito lhe deviam. Os antepassados de Sólon guiaram os povos oprimidos das regiões do Mediterrâneo na sua revolta contra a tirania da Atlântida. Aparecem assim os gregos já nos primórdios da História como precursores da liberdade — e isso é significativo e convincente — mantendo essa fama até os nossos dias.

A narrativa que os egípcios esboçaram das ilhas da Atlântida é, apesar das transmutações por que ela deve ter passado de Sólon a Platão, ainda evidentemente a descrição daquilo que nós designamos por "ilhas de esteira". A cinco dias de viagem por mar da costa do Gibraltar situava-se no Atlântico uma cadeia — note-se cadeia — de ilhas e o rei da maior delas governava-as tôdas. Essas ilhas carregavam

Fig. 92 — A ATLÂNTIDA. A Atlântida, que os antigos descrevem como tendo submergido no Atlântico, adapta-se perfeitamente à teoria dos continentes flutuantes.

(expressão típica) altos montes, eram (clima de mar) densamente arborizadas e ricas em fontes de água quente (típico das ilhas de esteira). A água foi conduzida pelas cidades e ali pelas casas e pórticos. Assim os habitantes da Atlântida forneciam aos povos antigos o modêlo para a instalação de banhos quentes que admiramos nas ruínas das cidades antigas, pois até hoje não conseguimos nem de longe atingir as artes e cultura aquáticas dos homens de milhares de anos atrás. Assim como todos os reinos costeiros e insulares da História, os reis da Atlântida conquistaram o seu poder pelo comércio marítimo. criando um domí-



Talvez tenha sido realmente o centro das culturas primitivas, de cujos restos encontramos indícios tão vcementes em ambos os lados do Atlântico.

nio colonial como mais tarde os fenícios, os cartagineses, os gregos, romanos, normandos, venezianos, portuguêses, holandeses, espanhóis, inglêses, japonêses — o absurdo político de um pequeno país insular, dominando esporàdicamente o mundo, é confirmado pela História como fenômeno típico.

Pelo ano 9.600 a. C. as ilhas foram assoladas por fortes terremotos e os povos coloniais levantaram-se sob o comando dos gregos. "Guerras persas", portanto, 9.000 anos antes daquelas contra Xerxes e Dario. Logo depois as ilhas teriam desaparecido no mar.

De acôrdo com a ciência natural, essa notícia tem todos os traços da verdade. É preciso apenas em vez de Atlântida colocar Japão, e tem-se o retrato pacífico da irmã atlântica diante de si. Ilhas, montes, vulcões, nascentes de água quente, cultura aquática, regiões férteis, cidades, indústria, navegação, comércio mundial e... terremotos — tudo está ali para nos apresentar uma imagem moderna da Atlântida antiga. Os tempos futuros talvez nada saibam de nossa história cultural. Mas certo dia aparecerá um pesquisador narrando que encontrou testemunhas de "culturas mundiais" que, fato curioso, devem ter-se estendido por grande parte do globo terrestre. Êle exibe retratos do "estilo jesuítico" das missões espanholas, cujos restos encontrou na Espanha, na China e na América do Sul; apresenta uma série de tabuletas inglêsas que êle escavou na Inglaterra, África do Sul e Austrália; por tôda parte a mesma escrita. Assim nós, os de hoje, registramos com admiração que hajam existido culturas muito antes da Antiguidade que nós conhecemos, não só dêste como do outro lado do Atlântico, indicando tôdas elas raízes comuns. A essa esfera de cultura pertencem, do lado americano, os Maias, Incas e Astecas, do lado eurásio, as culturas dos primeiros tempos da Babilônia na Ásia Anterior, os etruscos pré-romanos da Itália, os Acaios pré-helênicos de Homero, os Micenos e Cretenses, as antigas culturas mouras da África do Norte (Fig. 92).

Todos êsses povos oravam em templos solares, orientados astronômicamente, utilizavam calendários do mesmo tipo básico, embalsamavam os seus mortos, usavam emblemas como asas de falcão. Dêste e do outro lado do mar encontra-se a figura de Atlas carregando o globo terrestre nos ombros — prestem atenção: conhecimento do globo terrestre 3.000 anos antes de Moisés. Mas como retrocedemos mais tarde! Pois se há apenas 300 anos ainda se era queimado vivo no Oeste da Europa por ensinar idéias, cuja representação artística existia sôbre as escrivaninhas dos homens do ano 5.000 a. C.

Em meio dessas nações muito afastadas umas das outras, mas espiritualmente muito unidas estava, como uma aranha em sua teia de cultura, a Atlântida. Logo nos vem a idéia de que foi essa Atlântida, em situação geográfica tão propícia, que teceu êsses fios da cultura, espalhando-a pelo globo.

Naturalmente o berço dessas culturas não se deve procurar em ilhas tão pequenas. A Atlântida só pode ter sido, como tôdas as culturas insulares, um renôvo de culturas continentais mais antigas, assim como a Inglaterra é o rebento do Império Romano e o Japão é filho da grande família chinesa. Não é preciso ir longe nessa pesquisa. Nas costas do Oeste da Europa, nos Pireneus e nas encostas da Riviera descobriram-se em grutas das montanhas vestígios de culturas que aparentemente devem ter desaparecido na época glaciária, e cujas últimas gerações se supõe habitaram essas cavernas em sua fuga do gêlo. Êsses documentos denunciam uma maturidade de conhecimento e de gôsto

Fig. 93 — ARTE NA ÉPOCA GLACIAL. Os desenhos magistrais que encontramos nas paredes das cavernas da época glacial indicam uma cultura atlântida-mediterrânea que deve ser muitos mil anos mais velha do que a nossa "Antiguidade".

que exige uma pré-história de milênios (Fig. 93). Denominou-se uma dessas grutas a "capela sistina" da época glacial. Os pintores que cobriram aquelas paredes com figuras de animais não eram nada "primitivos"; era uma escola de impressionistas do século XXX a. C., filhos retardatários de sua cultura. A neve que vinha do norte cobrindo a França, deve ter soterrado uma civilização de muitos milênios, compelindo-a para as margens do Mediterrâneo. Não há pois hipótese mais plausível do que dizer que os fugitivos procuraram guarida não só nas grutas das encostas sulinas das montanhas, como também nas ilhas oceânicas da Atlântida. Pensar que aqui se conservou a velha cultura do continente, e que os atlântidas nada mais eram do que sucessores dos homens do gêlo? O problema da Atlântida não ficará muito tempo sem solução. Já se iniciou uma pesquisa com os recursos modernos da aviação, fotografias submarinas, radar, e pode-se estar certo de que em futuro não muito remoto encontrar-se-á resposta à questão sôbre se a Atlântida constituiu um mito ou uma realidade.

Capítulo XVIII

O AR

1) A atmosfera inferior: troposfera e estratosfera

Viver no século XX significa reaprender. O homem elevou-se a 30 quilômetros do chão e enviou foguetes para o ar numa altura dez vêzes superior, repetindo-se a aventura típica da ciência: O que se sabia até agora estava certo em sua essência; mas o que não fôra ainda descoberto era diferente do que se supunha.

A atmosfera é a parte da massa terrestre que, devido à leveza dos átomos, não se abateu, sendo que se trata de átomos preponderantemente dos primeiros 8 elementos do sistema periódico que pairam em tôrno do globo na qualidade de atmosfera. Dizemos "leve", mas a monstruosa soma das moléculas, 3×10^{19} por cm^3 não é nada leve. Sôbre as nossas costas carregamos o pêso de cofres (Fig. 94). Seria de esperar que estivéssemos comprimidos no chão como panquecas, mas nós sofremos tão pouco com a pressão do ar como o peixe da profundidade com o pêso da água, porque respiramos o ar e por conseqüência a mesma pressão se efetua de dentro para fora. Um homem que pula de um avião na estratosfera não vem até o chão. Êle estoura no momento de deixar a cabina como um balão de criança.

O empuxo normal do ar atinge a altura de 10 km, também para as nuvens e, por conseqüência, as intempéries limitam-se aos 10 km inferiores que se designam pelo nome inexpressivo de "troposfera". Os pilotos de língua inglêsa são mais práticos e desfiguraram a expressão para "troublesphere"; um nome mais adequado seria "intemperiesfera". Sôbre esta está a estratosfera com o dôbro de altura que, sem considerar as minúcias, não tem nuvens, nem vento, nem intempéries. No limite das duas reina um vento forte, denominado pelos pilotos de "jet-stream" (corrente de jacto), pois êle sopraria com a velocidade de até 300 km à hora em direção leste. Êle se divide em numerosas correntes que parecem ter em média 150 km de largura e 2 km de altura. Elas constituem "estradas" oferecidas pela natureza para o vôo estratosférico e talvez se tornem as "monções" das viagens aéreas. Pela sua tranqüilidade, a sua resistência diminuta e a eterna claridade, a estratosfera é o domínio adequado para a viação aérea: Por êsse motivo sobem cada vez mais aparelhos estratosféricos, depois que o homem lutou bastante nos primeiros decênios com as adversidades da "intemperiesfera". Naturalmente os passageiros não se deixarão por muito tempo despachar como sardinhas em lata, como acontece agora, nos primórdios. Êles viajarão em aviões-foguetes translúcidos e não só realizarão o vôo como também experimentarão prazer no mesmo. Após uma longa história crepuscular no fundo da turva atmosfera, os homens verão a Terra pela primeira vez como ela é, isto é, uma bola que plana no espaço

e gira. Será uma vivência copernicana e de novo a imagem do mundo se modificará no espírito dos homens. Em que perspectiva estreita viveram os homens até agora! Êles falaram de céu azul — mas êste não é nada azul e sim prêto. Inventaram fábulas de "nuvens altas" e o próprio viajante da estratosfera acreditou nisso em criança sonhando com as Valquírias que voavam dentro dessas nuvens, carregando os cadáveres dos heróis e com os deuses mitológicos que falavam aos homens do interior dessas nuvens. Que são elas? Nevoeiro. Debaixo dêle os homens vivem em cidades — onde estão? Ali são aquelas manchas que aderem ao globo terrestre, por tôda parte, como dejeções de môscas nas lâmpadas. Será que eu vivi ontem dentro de uma dessas manchas? Um milhão de pessoas comprimidas nesse pontinho? Êle se lembra das manchas de gelatina vegetal na placa do professor de história natural; dizia êste que pululavam ali 100.000 bactérias; depois arranhava a nódoa com um estilete de platina e demonstrava aos alunos incrédulos a verdade dêsse fato. O viajante da estratosfera fica pensativo. Não está nessa mancha a casa em que há anos uma questão de herança envenena a vida da família? Será possível? Um milhão de homens formigam ali, em constante agitação, escrevendo, calculando, telefonando e cada um pensa que é importante, tão importante que chega a se julgar imortal. O viajante da estratosfera também fôra um dêles, ainda o é. Êle começa a refletir e desce com dúvidas no espírito, e isso talvez será o maior proveito que o homem e a humanidade auferirão pelo domínio da estratosfera.

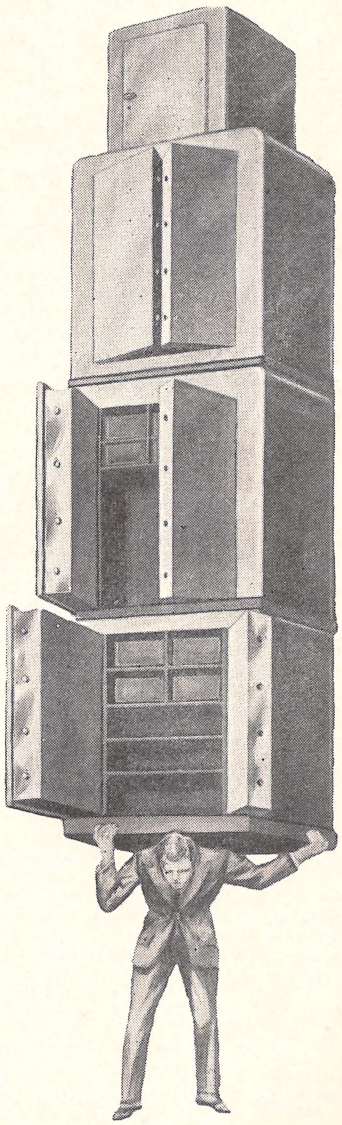


Fig. 94 — A PRESSÃO ATMOSFÉRICA. Carregamos sôbre as costas o pêso de uma coluna de ar de 15.000 kg — mas não o notamos.

2) A atmosfera superior: cascas de cebola de gases quentes alternados

É "natural", diziam-nos os professôres do colégio, que a densidade do ar e também a sua temperatura diminuam proporcionalmente ao afastamento da Terra, chegando-se finalmente ao frio espaço universal, onde não há mais atmosfera. Mas nada é tão "natural" do que a natureza se apresentar de modo diverso daquilo que as cabeças humanas supõem que ela seja. Suponhamos que subimos em um balão para as alturas que até hoje só foram atingidas por aparelhos sem tripulação. Em primeiro lugar, o termômetro cai até -50° em 20 km de altitude. Depois começa a subir e entre 40 e 50 km faz um calor tropical! 50° de temperatura! A camada tropical é estreita e ràpidamente de novo o mercúrio cai para -75°. Mas numa altura de 80 km ela se eleva de súbito e se torna tão quente nesse ponto que é possível fritar uma omeleta, colocando-se a frigideira fora da janela. Deve haver até camadas, que embora tenham a espessura de poucas dúzias de centímetros, atingem uma temperatura de 600°. Nessas camadas há duas coisas interessantes. Em primeiro lugar, o fato em si e em segundo lugar que os físicos as tenham localizado teòricamente, predizendo o seguinte: podem viajar para lá e as encontrarão. Foi Heaviside que conseguiu determinar a existência da ionosfera. Os comprimentos de ondas da luz solar que possuem alta energia expelem dos átomos das camadas mais altas eléctrons, "ionizando-os", portanto, motivo pelo qual se denomina essa camada de átomos ionizados ionosfera. Em conseqüência do desprendimento de energia, os raios solares só conseguem penetrar em profundidade com vibrações fracas, e por isso, a luz solar da profundidade está desprovida dos raios de energia alta. Parece paradoxal, mas pensemos no bilhar; a bola que se choca com outra, transmitindo-lhe sua energia, "ionizando-a", não consegue alcançar a tabela do lado oposto; mas a bola que falhou chega. Pelo frenamento dos fótons desenvolve-se o calor e é êste calor que aquece as camadas nas alturas.

A intensidade de irradiação solar muda, do mesmo modo que se transformam as condições atmosféricas; por conseguinte, alteram-se também a altura e o desenvolvimento da ionosfera. Como é nesta que incidem as ondas curtas das emissões de rádio como se fôssem de encontro ao espelho, regressando para a Terra, modifica-se também, com a situação e condição da ionosfera, a refração das ondas. Se ao ouvirmos emissões de ondas curtas, certo dia ficamos encantados, no outro desesperados e em outros dias uma estação em geral ativa emudece consolemo-nos então com a idéia de que não é culpa do aparelho, nem da emissora, nem de nossa disposição de espírito, mas da volubilidade do sol e da ionosfera criada por êle (Fig. 95).

Tanto abaixo como acima da ionosfera ainda existem camadas de espécies singulares, como por exemplo uma ozonosfera em que as os-

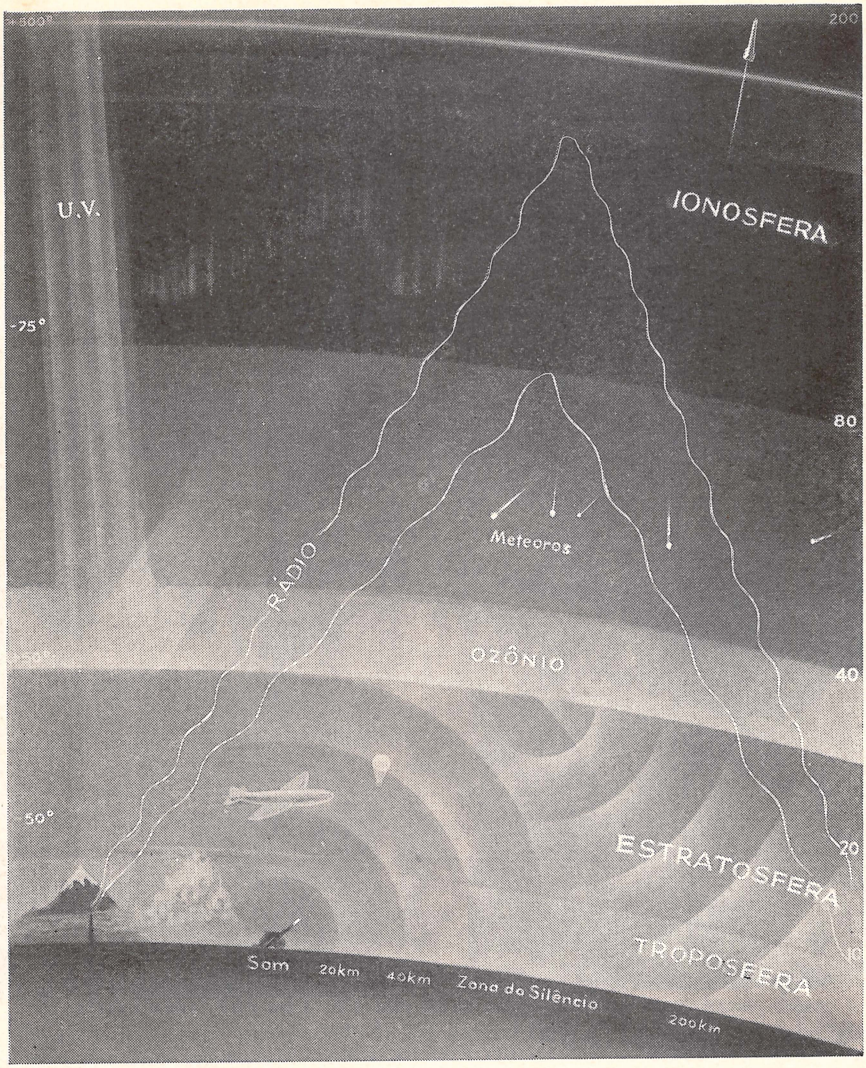


Fig. 95 — É ASSIM QUE O HOMEM DE 1950 VÊ A ATMOSFERA TERRESTRE.

cilações da luz solar induzem os átomos do oxigênio a associar-se em combinações de três ao invés de aos pares, para constituir o ozônio. Nessa camada que paira a cêrca de 40 km de altitude, as ondas sonoras que vêm vibrando na direção do céu quebram-se e voltam para a Terra, numa distância de mais ou menos 200 km, além de uma "zona de silêncio". Muito longe acima dessas camadas deve haver outras no espaço universal que viajam com o globo terrestre através do espaço, pois se enviamos ondas de rádio, voltam ecos que chegam de esferas a

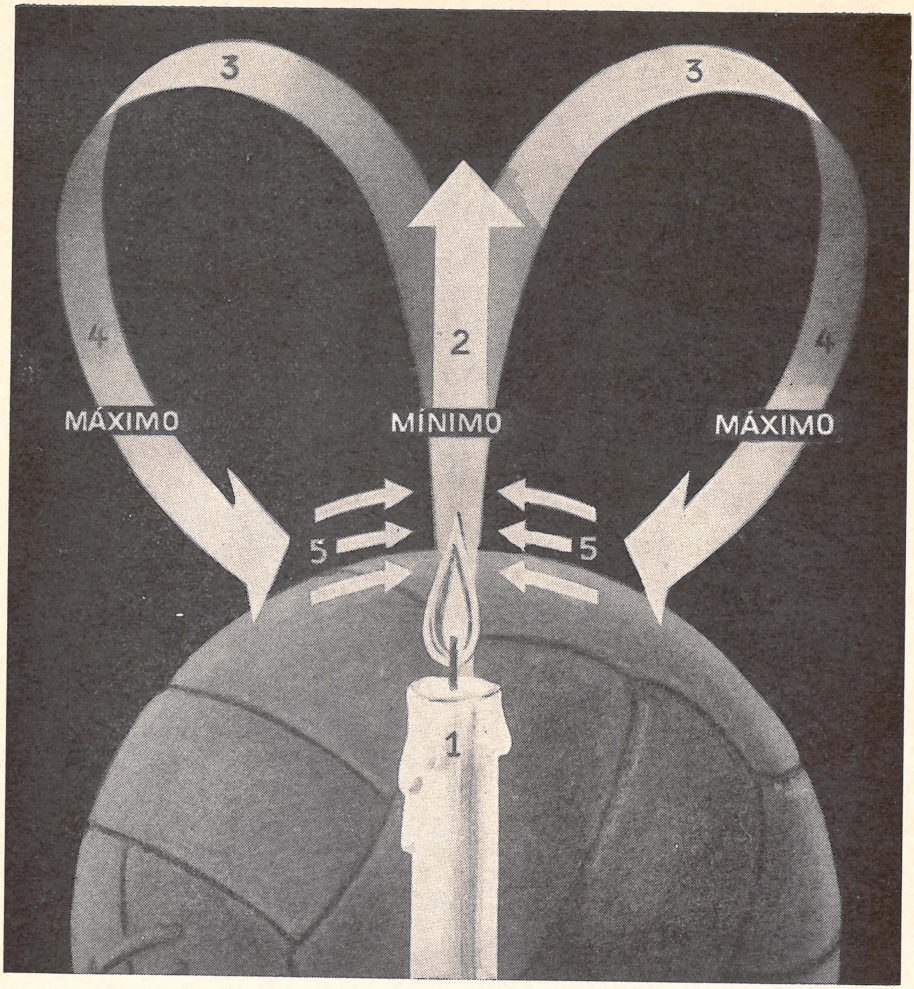


Fig. 96 — O SISTEMA CIRCULATÓRIO DE UMA VELA. Sôbre uma vela sobe o ar quente (o mínimo de pressão de ar), esfria-se, torna-se pesado e cai (máximo de pressão do ar). Pela subida do ar quente forma-se um vácuo no qual penetra o ar frio que desceu (vento). Se colocarmos atrás da vela uma bola, teremos o modêlo da circulação do ar sôbre o globo terrestre.

centenas de quilômetros de distância. Presume-se até que deve existir além da órbita da Lua, a mais de 400.000 km de distância, uma superesfera contornando o globo terrestre.

Há mais coisas no céu e na Terra
Do que sonha a nossa pobre filosofia.

3) O sistema circulatório do ar

Acendemos uma vela e sopramos a fumaça de um cigarro contra ela (Fig. 96). Puxada para cima pela corrente de ar quente, a fumaça sobe. Com essa experiência simples temos o fenômeno fundamental da formação de clima e tempo: o ar aquecido, desde que as moléculas se afastam uma da outra e que o ar por conseqüência contém menos massa por unidade espacial, é mais leve e sobe (2). Com a distância da fonte de calor, o movimento próprio das moléculas diminui novamente (3), elas se aproximam, o ar fica mais denso e pesado e cai novamente. O ar aquecido sobe, o frio cai completamente.

Pela ascensão do ar cria-se ao pé da vela um espaço rarefeito. Êste para se encher suga o ar das proximidades, e então verifica-se uma corrente de "vento" (5). Pelos três movimentos: ascensão do ar quente, descida de ar frio, preenchimento do vácuo pelo vento, o ar move-se num círculo, eis o sistema de circulação.

Colocamos atrás da vela uma bola e temos então o modêlo da esfera terrestre aquecida pelo Sol (Fig. 97). Onde a chama queima é o Equador. A zona equatorial é uma região de ar que sobe, de relativa calmaria. Chegando acima e esfriado, o ar que se tornou pesado não pode cair diretamente, mas é deslocado para o lado pelo ar quente que vem atrás em ascensão, voltando em duas curvas, norte e sul do Equador, para a Terra. Essas zonas, em que o ar esfriado regressa da altitude denominam-se, por motivo hoje desconhecido, latitudes dos cavalos. O ar quente sôbre o Equador perde o seu vapor d'água na altura, eliminando-o em forma de chuva. Por isso a zona equatorial não é sòmente quente como também úmida, a zona das florestas chuvosas, dos pântanos, da maleita e do jângal. Nas latitudes dos cavalos, pelo contrário, sopram ventos secos e frios e por conseqüência estão ali as pradarias escalvadas, estepes e tundras com as suas vegetações rasteiras. Delas sopra, para o preenchimento do vácuo no Equador, um vento constante, que serviu à passagem dos navios a vela e se denomina alísio. A ascensão do ar quente no Equador com chuvas diárias, a descida do vento sêco resfriado nas latitudes mais altas e o regresso dêsse ar para o Equador na qualidade de alísio, êste é o sistema circulatório da atmosfera terrestre.

Pela rotação da Terra para leste, os ventos alísios não se dirigem perpendicularmente para o Equador segundo os meridianos e sim em ângulos a oeste passando a denominar-se alísio do nordeste no hemisfério norte do globo terrestre, e alísio de sueste no hemisfério sul. Desviado pelo vento alísio obliquamente para o sul, Colombo foi ter às Antilhas. A História da América e com esta a do Mundo Moderno teria sido uma história bem diferente, não teriam nascido Napoleão, Goethe, Beethoven, Darwin, mas outros espíritos existiriam, outras gerações encheriam a Terra e nem um de nós viveria se Colombo em vez de desembarcar em Guanahani tivesse desembarcado no Rio Hudson, por

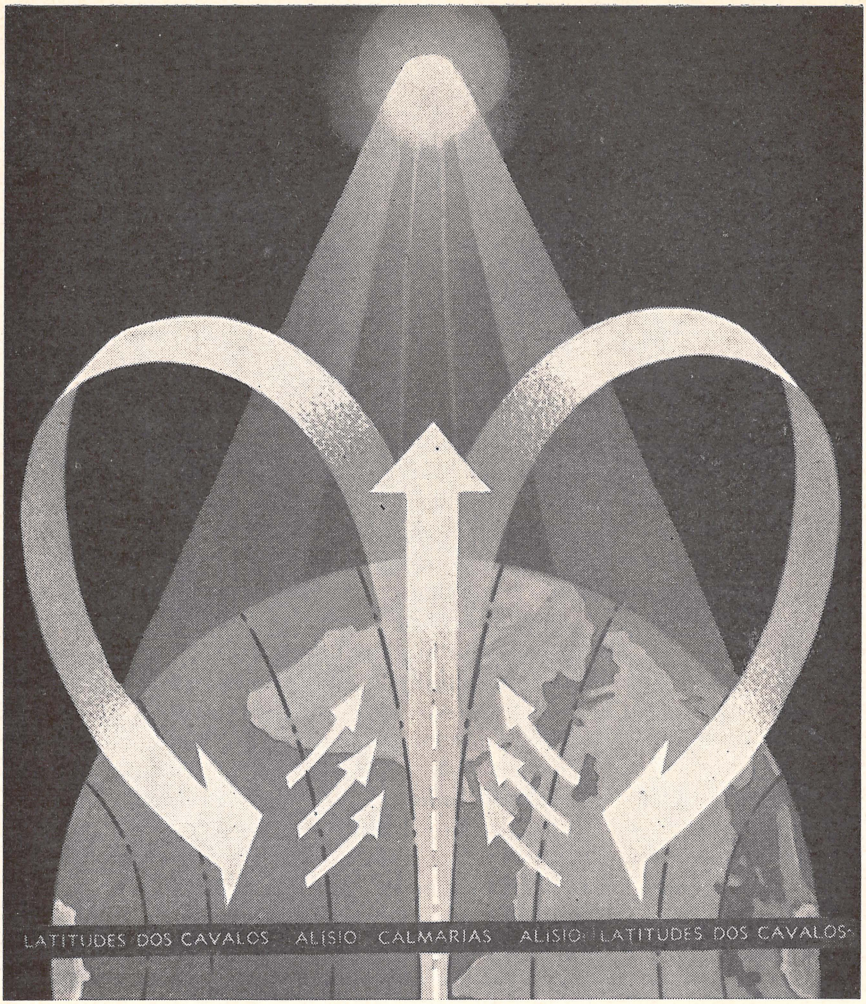


Fig. 97 — O SISTEMA CIRCULATÓRIO DA TERRA. No equador sobe o ar quente, produzindo uma zona de pressão atmosférica baixa e de movimento atmosférico em ascensão: são as calmarias. Sôbre as latitudes altas desce o ar sêco resfriado em forma de arco, produzindo uma zona de pressão atmosférica elevada e o clima sêco das estepes: são as latitudes dos cavalos. Destas até as calmarias passam os alísios, preenchendo o vácuo produzido.

exemplo. O mundo é regido por outros poderes que não aquêles que os homens imaginam. Um dêsses poderes é o sistema circulatório da atmosfera que é verdadeira roda do destino da História. O ângulo em que sopra o alísio determina o caminho que percorre uma caravela. O destino dêsse navio, porém, é a sorte de uma nação, e esta determina o destino da humanidade.

Capítulo XIX

A ÁGUA

1) A água sobe na atmosfera: estação terminal — nuvem

O ar que sobe do solo leva, em forma de vapor, consideráveis quantidades de água para cima das superfícies líquidas, da terra úmida, de plantas, animais, fogueiras e máquinas. Nas altitudes mais frias as moléculas ajuntam-se formando gotas e tornam-se visíveis como nuvens (veja Fig. 98). Nuvens são nevoeiros que se formam nas alturas da atmosfera, na maioria entre 1.000 e 8.000 metros de altura, quando massas de ar ricas de água se esfriam. Quando êsse ar rico em água, como é o caso em "dias de tempestade", sobe verticalmente na calmaria, a nuvem aparece como a fumaça sôbre uma chaminé. Não se vê a chaminé, mas ela está presente; é uma coluna de ar que sobe e debaixo dela está como "fábrica" um ponto quente da região, por exemplo, ilha no mar ou baixada sôbre a qual se pode então observar a primeira formação de nuvens. A bela e alta "nuvem de trovoada" da Fig. 99 é uma nuvem vertical dêsse tipo.

São bem outras as nuvens que se formam quando o ar não sobe em vertical e sim é trazido de longe por correntes de ar; vêem-se então as nuvens horizontais representadas na Fig. 98, que sempre aparecem quando o ar quente e úmido esfria, não mais podendo reter a quantidade anterior de vapor d'água em forma de gás invisível. O ar quente que é induzido pelo esfriamento a formar nuvens, pode vir ou em forma de "frente quente" ou "tempo de degêlo" do inverno, ou permanecer tranqüilamente sôbre a região esfriando-se pela vinda de uma "frente fria", constituindo a "invasão de frio". Em ambos os casos o fenômeno em princípio é o mesmo. No lugar em que ambas as massas de ar se chocam ou exercem fricção uma na outra formam-se nuvens (veja Fig. 100).

No princípio são naturalmente tênues e o que se vê em primeiro lugar, nos limites entre duas massas de ar, são véus finos. Se reina "condição do tempo estável", isto é, se se deposita uma massa de ar elevada, fechada e contínua sôbre a região, então a camada de atrito acha-se muito alta, na região do "gêlo eterno". As gotinhas de água que se formam, congelam, tornando-se cristais que pairam então a grande altitude, constituindo uma grade. Esta é fina e vê-se o céu azul durante o dia e à noite as estrêlas como através de uma cortina de tule. Os cristais de gêlo são mais pesados do que o ar rarefeito das alturas. Êles caem com rapidez e se fundem. Por isso o quadro descrito é de curta duração e tem o destino de todos os esboços. Mas pode-se estar certo de que quando em dias claros, no período de bom tempo, aparecem os traços de pincel do cirro no azul do zênite, o deus do tempo rabisca os primeiros traços de uma formação de nuvens contra a tela

azul e age como um Rúbens, pinta ràpidamente em traços fortes e, breve, em vez dos finos riscos do esbôço, surgem as manchas das nuvenzinhas de algodão (Fig. 98).

Se o ar não vem em correntes vagarosas, mas sim em rajadas fortes, êle deixa, como os átomos que se projetam na câmara de Wilson, rastos de longas listas, que são as nuvens em faixas ou estratos. Então o céu parece que está sendo varrido com vassoura; o bom tempo é varrido, efetivamente, da região. Nuvens-vassouras e "caranguejos" que vão subindo no horizonte são sinais infalíveis de mudanças de tempo, que, em todo caso quase nunca se dão no mesmo dia em que êsses fenômenos aparecem, mas sim de 60 a 70 horas mais tarde, o que é um intervalo muito longo para prognósticos. Mas após dezenas de anos de experiência, está-se tão seguro que se pode apostar.

Também o estrato não se mantém muito tempo, pois as finas faixas de ar úmido varridas para longe são absorvidas pela camada sêca maior em que penetram. As gotas de água são pesadas e se fortes ventos em ascensão (o que é excepcional) não as puxam para cima, elas caem para fora e para dentro das nuvens. Tôdas as nuvens são nuvens de chuva, pois em tôdas elas chove, porém sòmente em circunstâncias especiais e relativamente raras é que essas gotas atingem a terra. O caminho da gôta desde a nuvem até o chão é longo demais; a viagem se faz ràpidamente; a gôta evapora-se acontecendo que sôbre nós passam as nuvens e nelas por certo chove, mas nós estamos no sêco.

Se reina "tempo bom", isto é, se o ar das camadas inferiores para onde as nuvenzinhas descaem, está sêco e tem um limite nítido em relação às camadas mais altas, como massa compacta, as gotinhas de água que se evaporam nessa camada limítrofe e as nuvens vão passando como navios a vela sôbre a superfície de espelho de um lago invisível. Os inglêses dão-lhe um nome feliz: "fair-weather-clouds" ou nuvens de bom tempo, pois a camada inferior sêca assegura no mínimo um ou mesmo dois dias de tempo bom.

Se pelo contrário, o ar é úmido, as nuvens ao descer não secam, mas avolumam-se em grandes massas que, devido à sua densidade, não deixam mais passar a luz solar e, portanto, parecem cinzentas: São as nuvens de chuva, o nimbo. "Nuvem de chuva" também não significa que vai chover, mas que dentro dessa nuvem e por baixo dela chove fortemente. Se essa chuva alcança a terra depende da umidade do ar por que passam as gotas em suas viagens entre a nuvem e o solo. Para que a chuva atravesse o caminho entre nuvem e terra sem evaporação, o ar tem que ser úmido. Por isso chove fàcilmente em lugares úmidos e escassamente nos lugares secos. Na costa do Atlântico, sôbre a qual passa o ar úmido da Corrente do Gôlfo, toma-se a refeição da manhã com sol quente. Uma hora depois surgem os primeiros farrapos de nuvens do lado oeste e ao meio-dia chove. É por isso que o inglês não sai sem guarda-chuva, mesmo com bom tempo, (do que se ri o europeu continental), mas com muita razão para quem vive numa ilha. É bem semelhante o que se passa na orla norte dos

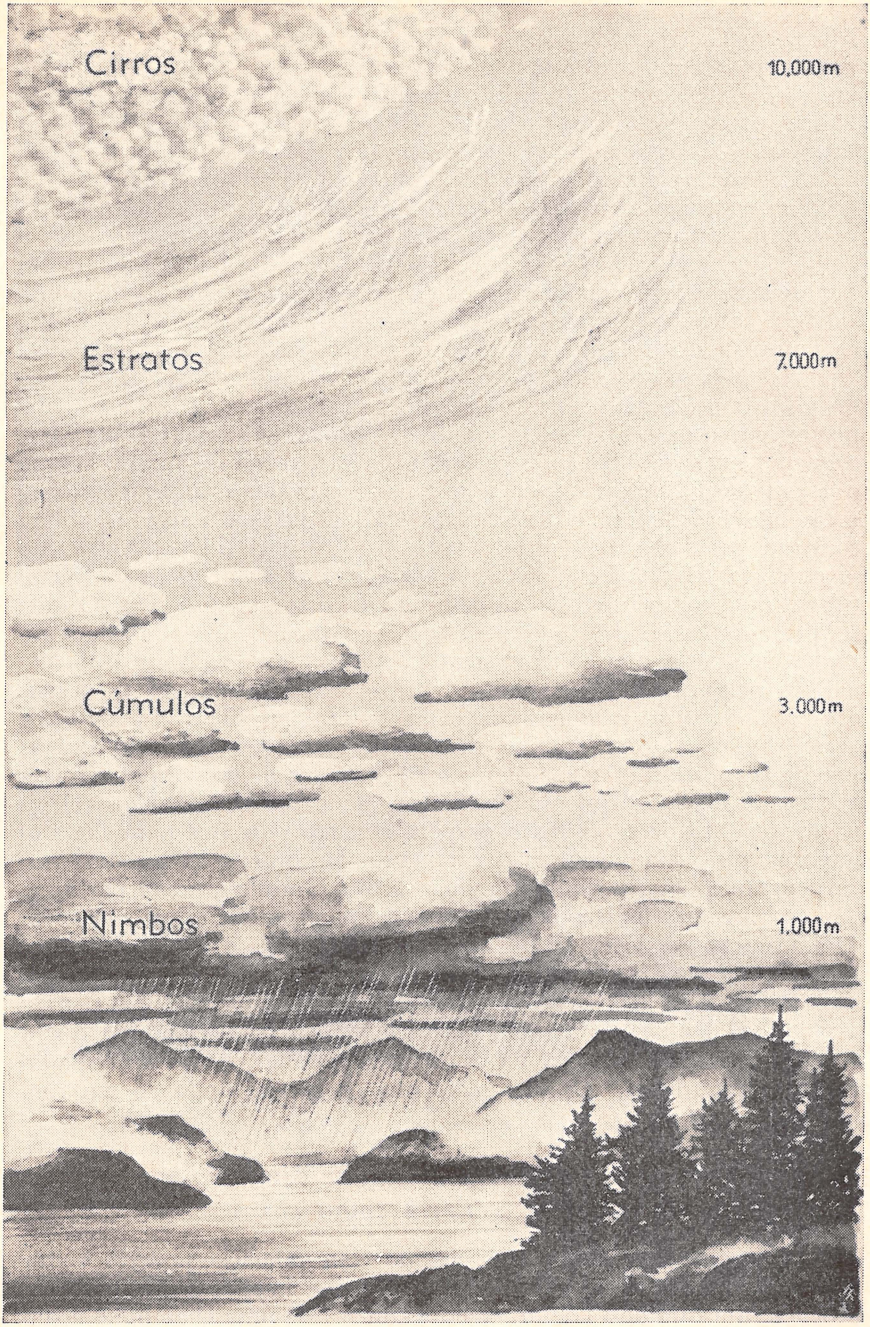


Fig. 98 — NUVENS.

Alpes, em Genebra, Zurique, Lucerna, Salzburgo. A chuva em regiões sêcas vem ao contrário, i. é, após longos períodos de sêca e é "pesada". Em regiões próximas a desertos, aparecem, no fim da sêca, massas de nuvens densas e escuras, de modo que o estrangeiro vindo de regiões chuvosas está certo que em meia hora choverá torrencialmente e sai de casa com a capa no braço. Mas os nativos sorriem do "greenhorn". Sabem que ainda se passarão semanas até que a chuva de fato despejada pelas nuvens umedeça a atmosfera sêca de cima para baixo a ponto de as gotas ao caírem poder chegar até a terra sem evaporar-se. Em dias de siroco com formação de tempestade e chuva passageira, acontece ouvir-se nos telhados os estalidos, mas a rua fica sêca. O desprêzo dêsse fato simples determinou que a idéia da chuva artificial levantasse mais poeira do que produzisse chuva. Despejava-se em nuvens, de dentro dos aviões, neve de ácido carbônico, e recentemente iodeto de prata finamente distribuído, com a intenção de fazer com que estas formem gotas grossas para caírem em terra. Fazer com que as pequenas gotas suspensas se transformem em grandes gotas que caem não é difícil; mas trazer estas para a terra sem que evaporem constitui problema mais sério. Por isto é que não foi possível, como se esperava teòricamente, trazer à terra chuva artificial numa quantidade que compensasse o trabalho e o custo do processo. O que o "pregador" disse há mais de 2.000 anos de modo simbólico, realizou-se em nossos dias concretamente: "Apascentaram-se ventos".

Deus pergunta a Jó em meio da tempestade: "Conheces as ordens do céu e és tu quem determina o seu domínio na Terra? Podes, por acaso, erguer tua voz para as nuvens de sorte que elas despejem as suas águas sôbre ti? Podes libertar os relâmpagos de modo que venham até a ti e digam: Aqui estamos!" Sim, êle pode. Dominou os relâmpagos a ponto de fazê-los correr pela rêde de seus fios para lhe iluminar a casa. Mas ainda não conseguiu dar ordens às nuvens. Provàvelmente o homem terá que trilhar outros caminhos, talvez por meio das ondas curtas ionizar os átomos pesados no ar ou talvez por meio das ondas longas fazer vibrar as moléculas do vapor d'água. Mas sobretudo será necessário umedecer o ar, aspirando água do mar ou dos lagos e injetando-a nos ventos, a fim de conseguir uma passagem para as gotas. O homem, fiel à sua natureza, não dará tréguas. Êle *criará* a chuva artificial. "Chuvas na ocasião apropriada, chuvas antecipadas e chuvas retardadas." Os dias secos não chegaram ainda ao seu fim.

2) *A água que subiu desloca-se como ciclone e regressa à Terra como chuva*

O ar quente que subiu nem mesmo com calmaria poderia voltar para terra diretamente, pois o ar que o segue impede-o. Êle tem que procurar um caminho lateral, como a fumaça de uma chaminé e assim cria-se um vórtice denominado ciclone (Fig. 99). Um ciclone típico é

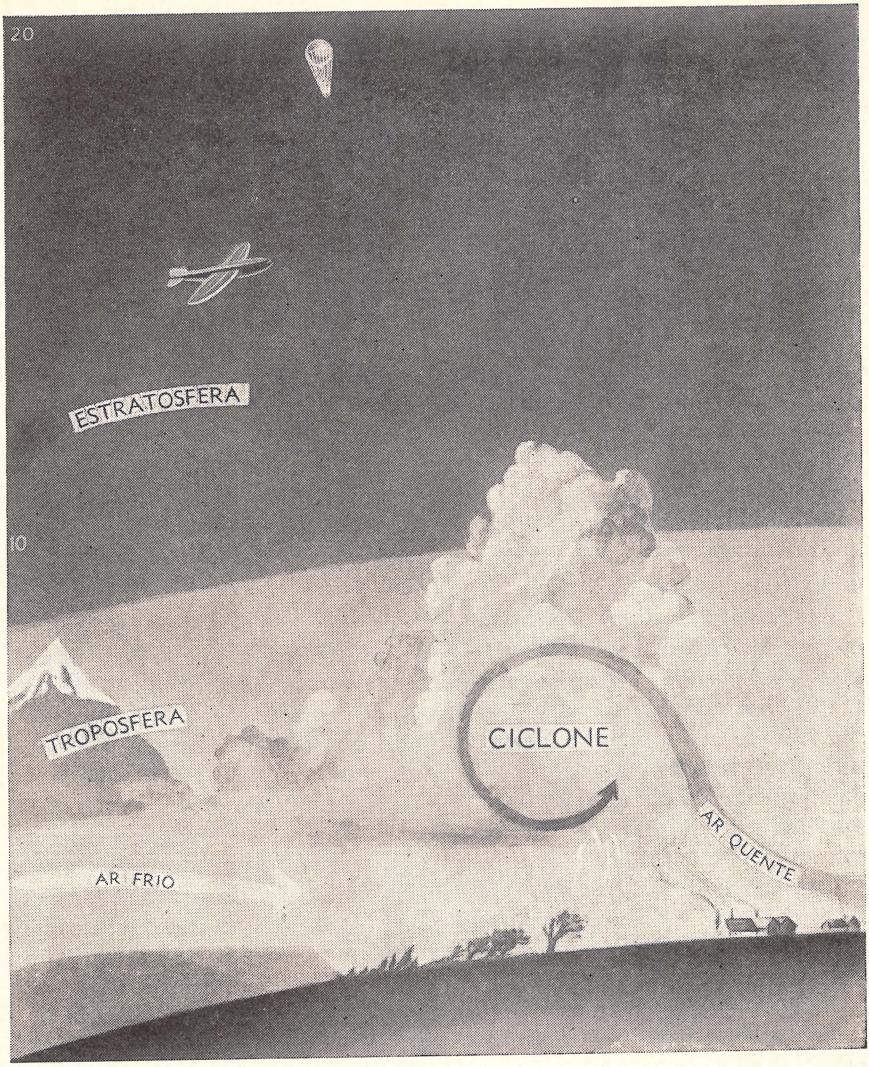


Fig. 99 — O CICLONE DE MAU TEMPO. A forma menor e por isso melhor observável do menor ciclone de mau tempo é a tempestade que se aproxima (detalhes no texto).

construído como uma coluna jônica. Êle consiste em um fuste de ar quente que vem subindo, apresentando na extremidade superior a forma de uma voluta, por onde desliza para baixo o ar esfriado.

O ciclone é teatro de movimentos tempestuosos. Quanto mais quente o dia, mais ràpidamente sobe o ar aquecido, tanto mais alto êle sobe, mais forte é o esfriamento no tôpo da coluna e tanto mais agitados e fortes os movimentos. Em dias quentes, nos trópicos, a velocidade da ascensão do ar quente atinge 300 km a hora. Como a atmosfera se tornou o "mar" da viação moderna os ciclones significam para a aviação o mesmo perigo que os rochedos para os navegantes e por isso são cuidadosamente estudados. Aviões com aparelhos de medição cruzam-nos, o que não constitui tarefa sem perigos. Assim de 4 alemães que tomaram parte numa dessas expedições em tempestades, 3 perderam a vida de modo trágico. O avião foi puxado para cima por um vento em grande velocidade, como se fôsse uma palha e os tripulantes despejados. Sòmente um dêles teve a sorte de descer em pára-quedas. Os outros três foram lançados tão alto que a água em suas roupas e pele congelou, tendo êles regressado à terra encapsulados numa grossa crosta de gêlo — espécie de grãos de chuva de pedra, cujos caroços eram constituídos por corpos humanos.

Em dias calmos de atmosfera carregada é possível observar a formação dos ciclones. As "chaminés" das colunas de ar que sobem ficam invisíveis, mas vê-se sôbre elas, amontoado em nuvens, o vapor d'água como "bandeiras de fumaça". Se olharmos bem, perceberemos que cada vez mais se acumulam vapores, de modo que das nuvens que formam surge uma montanha, denominada "cabeça da trovoada". Pelo transbordamento lateral de ar frio, a nuvem, à semelhança da da bomba atômica, adquire a forma de um cogumelo. As massas que sobem e descem sofrem atrito uma na outra e atuam, então, como os discos contrários da máquina elétrica, que mói as moléculas do ar, arrancando-lhes eléctrons. Como o ar úmido é um bom condutor, os eléctrons juntam-se nas nuvens e carregam-na até que a tensão se descarregue em raios.

Essas descargas perturbam o equilíbrio electrostático, a trovoada sacode a nuvem tôda e as moléculas pairando até ali isoladas avolumam-se em gotas grandes, de modo que na primeira fase da tempestade cai uma pancada de chuva. A condensação utiliza calor e por isso criam-se com muita freqüência e talvez mesmo sempre grãos de gêlo nas altitudes, mas que só raramente caem na terra sob essa forma. Como uma fragata que atira de velas abertas, o ciclone relampejante e trovejante irrompe cortando o azul do céu. Segue-o como esteira uma bandeira de nuvem cinzenta, da qual, depois da pancada de chuva, cai uma chuva fina e silenciosa sôbre a região esfriada.

É com grande regularidade que se formam os ciclones nas regiões úmidas do trópico, de modo que em muitos pontos e sobretudo em

ilhas tropicais se verificam tempestades com a pontualidade do bater de sinos, diàriamente e a determinada hora. Elas seguem as correntezas quentes do mar, alimentadas por constante acréscimo de vapores de água, criam-se as "estradas de chuva" (Fig. 100). Se estas alcançam as costas, os ciclones são impelidos terra a dentro. Se lhes aparece uma montanha no caminho, êles têm que subir, atingindo alturas mais frias, não conseguindo reter mais o seu vapor de água por se terem esfriado e, então, êste derrama-se em chuva. A estrada de água mais propícia dessa espécie é a do Oceano Índico, porque aqui se soma uma série completa de condições favoráveis. O continente da Ásia do Sul fica muito quente no verão, de modo que o ar aquecido sobe com grande impetuosidade. Nesse vácuo assim produzido, corre o ar marítimo saturado ao máximo de vapor de água nessas zonas tropicais, vindo do Oceano Índico. Essa corrente de ar no verão se denomina monção e reina durante tôda a estação quente. Uma vez chegado ao continente, o ar rico de vapor deve atingir alturas recordes nas escarpas do Himalaia, e assim é resfriado também a uma profundidade recorde. Massas de chuvas tremendas são a conseqüência. A época da chuva não é demasiado longa. Mas caem até 20 m de chuva por ano, portanto 25 vêzes mais do que a quantidade anual de Nova York.

A estrada de chuva mais importante para o mundo ocidental é a da Corrente do Gôlfo. Com esta caminha ar úmido e quente do Gôlfo do México (na verdade menos do Gôlfo do que do Oceano Atlântico Sul), ao longo da costa leste norte-americana, até que à altura de Terra Nova, dê de encontro ao ar frio da Corrente de Labrador vindo do norte. Pelo choque forma-se o nevoeiro dessa região e pela fusão do ar quente tropical e do ar frio ártico originam-se ciclones vigorosos que acompanham a corrente do Gôlfo através do Oceano Atlântico. E, pelo fato de trazerem mau tempo para a Europa, são denominados ciclones de mau tempo. A Terra Nova é uma fábrica de mau tempo, que misturando duas espécies contrárias de ar constrói ciclones, que são enviados para a Europa pela esteira transportadora da Corrente do Gôlfo. A chuva européia é "Made in U.S.A".

Uma vez chegados à Europa, os ciclones de mau tempo varrem, em primeiro lugar, as Ilhas Britânicas que por isso recebem o máximo de chuvas. Da costa para dentro a chuva vai diminuindo gradualmente, mas nos Alpes aumenta de novo, pois ali a corrente de ar sobe, esfria-se e chove. Por motivos geográficos locais a região de Salzburgo é a estação terminal dos ciclones atlânticos. Quando se diz Salzburgo pensa-se em duas coisas: Mozart e chuva.

São poucos os homens que fazem uma idéia da quantidade de água que cai diàriamente da atmosfera sôbre o globo terrestre. Contemos 21, 22, 23... Em cada segundo caem 16.000.000.000 de litros de água das nuvens, e outro bilhão de litros deposita-se em cada segundo sob a forma de orvalho.

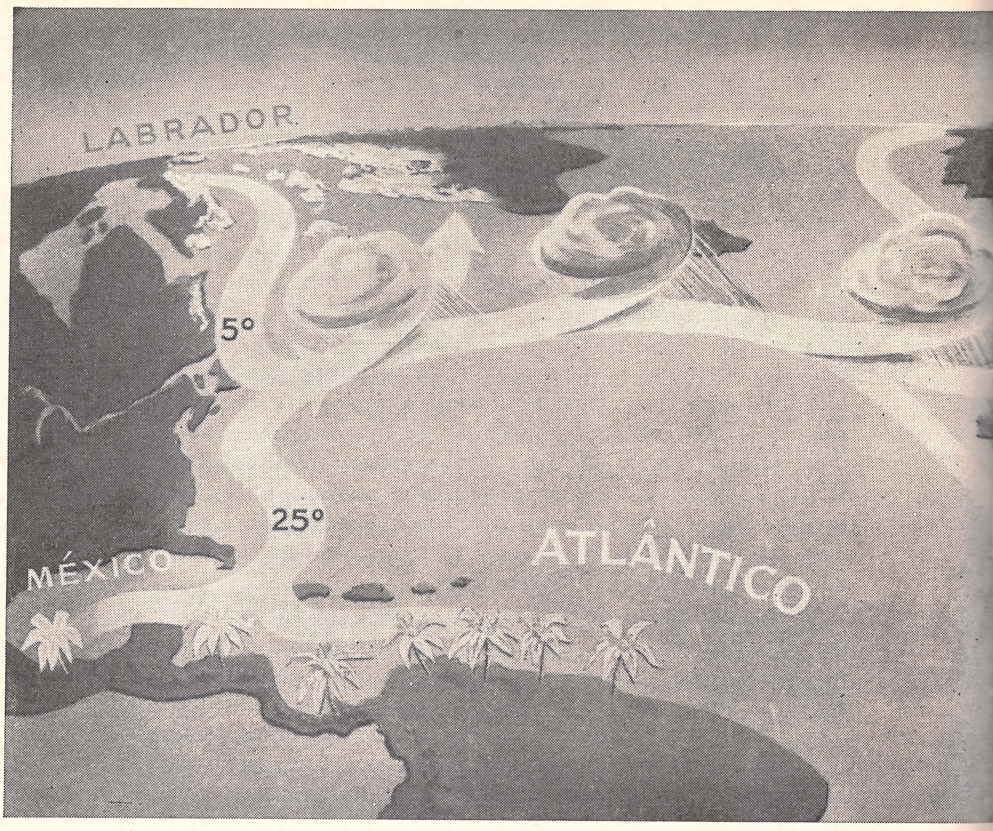


Fig. 100 — A ESTRADA DE CHUVA DO OCEANO ATLÂNTICO, LADO OESTE. O vento oeste que sopra do Canadá em direção às Ilhas Britânicas é uma esteira transportadora na qual caminham ciclones de mau tempo desde Terra Nova até a Europa, trazendo-lhe a chuva.

Suponhamos estar numa das décadas futuras. Os aparelhos de televisão estão vulgarizados, como hoje os rádios, e de todos os recantos do mundo há emissões. O programa de hoje diz: chuva. O homem está no seu quarto e vê: Inundações em Bengala, ruptura de diques no Yiang-Tse-Kiang, enchentes no Iennissei, marés altas sôbre Bali, rios de lama no Tauro, queda de pedras no Atlas, devastação de florestas nos Beskidos, tufão nos Mares do Sul, tempestade sôbre St. Louis, nevadas sôbre o Alasca e o eterno furacão sôbre o continente antártico. Tudo isso percebido nessa única hora. O homem que vê êsse desfile de chuvas é dominado pelo terror. Pensa logo que a Terra se afoga, pois ela *não pode* suportar essas destruições infernais, êsses 16.000 milhões de litros de água em cada segundo. Êle fecha os olhos.

A ESTRADA DE CHUVA DO OCEANO ATLÂNTICO, LADO LESTE. Debaixo da extremidade leste da estrada de chuva do Oceano Atlântico corre a estrada de chuva do Mediterrâneo, que, na qualidade de ramo invernal da estrada do Atlântico, provê de chuvas o Oriente Próximo.

Mas devemos olhar a realidade de frente. A Terra suportou isso há mil milhões de anos e na certa viveu épocas em que caíam do céu quantidades de água muito maiores. E ela não desapareceu em dilúvios, pois o fato é que está aí viva. Como um delfim garboso, ela emerge sempre de novo gotejante, mas ilesa, lavada e embelezada de dentro das águas.

És Orplide, minha terra...
Sobem águas pré-históricas
Rejuvenescidas em tôrno de tua cintura!
Diante de tua divindade inclinam-se
Os Reis, que são os teus guardas.

3) O mapa meteorológico

A fim de projetar as condições da atmosfera sôbre a geografia da região, faz-se um mapa meteorológico (Fig. 101). Mede-se nos pontos essenciais da superfície da Terra a pressão do ar, ligam-se os locais com pressão igual por meio de linhas e assim se obtêm as isóbares, os locais de igual condição barométrica. Os números nas linhas indicam a altura de pressão do ar. Os números inferiores a 1.000 são "baixos"; números acima de 1.000 são "altos". Da menor ou maior distância entre as linhas reconhece-se a queda, como nos mapas de montanhas. O ponto de pressão de ar mais baixa é o centro para uma "baixa", é a mínima; ao contrário disso o centro de uma região de alta pressão é denominada "alta" ou máxima. Mínima são áreas em que sobe ar quente e leve. Máxima são áreas em que cai ar frio e pesado das altitudes. Na parte superior da ilustração essa construção do "corpo de ar" e o movimento do ar são demonstrados plàsticamente.

As mínimas são regiões de intempéries, pois onde o ar sobe carregado de umidade do solo e das águas, formam-se nuvens (à direita, em cima). As máximas são o centro do bom tempo, pois o ar frio que desce é sêco e, por conseqüência, a região de pressão elevada está livre de nuvens, ensolarada (em cima, à esquerda). Se o ar fôsse visível, ver-se-iam as máximas como morros e as mínimas como vales. O ar corre, tal como a água, da região dos cumes da máxima para os vales da mínima. Por diversos motivos, dos quais um é a rotação da Terra, o ar em geral não corre em linhas retas, mas sim em espirais. Se as linhas estão muito espaçadas, o que indica pouco caimento então os ventos são fracos (lado esquerdo inferior do mapa meteorológico); se as linhas estão próximas e o declive é acentuado, os ventos são fortes. Nas regiões de tempestades as linhas se unem tanto que quase se tocam (lado superior à direita do mapa). Em todos os países as mínimas e as máximas caminham quase com a regularidade de um horário, em trajetos meteorológicos típicos, de sorte que pela posição das mínimas e das máximas, isto é, pela distribuição da pressão do ar, se pode predizer a condição do tempo para os dias seguintes, com relativa segurança. Na Europa as predições de tempo em geral começam com as seguintes palavras: "Vindo do Oceano Atlântico aproxima-se uma baixa da costa oeste francesa..." É que as estradas de chuva, em conseqüência da rotação da Terra, geralmente correm do oeste para o leste. As mínimas na América do Norte seguem do noroeste do Canadá sôbre os grandes lagos para o canal de pressão baixa, que a corrente do Gôlfo pelo seu calor forma na costa atlântica e depois, partindo da "fábrica de mau tempo" em Terra Nova sôbre a estrada de chuva do Oceano Atlântico, em direção à Europa (Fig. 100).

Fig. 101 — O MAPA METEOROLÓGICO.

4) A água se infiltra pelas camadas e atinge a estação subterrânea: "nível da água do subsolo"

A participação da água na estrutura de tôdas as coisas terrestres é tão elevada que não nos cansamos de admirar. O ôlho que neste momento contempla as letras compõe-se de 92% de água. O cérebro que reflete sôbre essa revelação inacreditável é constituído de mais de 80% de água. Ao comprar um pão, pensemos no seguinte, sem naturalmente dizer nada ao padeiro: a metade do dinheiro é pago pela água nêle contida, água comum dos canos. Mas consolemo-nos; a planta que integrou a farinha paga ainda mais. Com um pouco de paciência, vamos encher a banheira de água até os bordos, e teremos diante de nós a quantidade de água que algumas dúzias de pés de trigo tiveram que absorver pelas raízes, a fim de formar duas mancheias de farinha que constituem o pão que está ali diante de nós.

Preparados dessa maneira, escavamos o solo e já não nos mostramos incrédulos quando nos comunicam que todos os solos, mesmo os denominados secos, contêm tanta água que podemos dizer de tôdas as plantas o que os árabes dizem das palmeiras: o seu pé está na água e sua cabeça ao sol. Tôdas as plantas são "aquáticas". O reino da terra é composto de grumos, por entre os quais se introduz a água e, como os finos tubos dos termômetros, êstes não a devolvem mais. Além disso, cada grumo cobre-se com uma fina película de água, que lhe adere como um maiô e é necessário a fôrça sugadora da raiz para puxar essa película dos grumos. Mesmo o solo do deserto é apenas superficialmente sêco. A esterilidade dos desertos não é devida ao fato de seu solo não conter água e sim ao de as plantas nas regiões áridas, quentes e varridas pelo vento evaporarem enormes quantidades de água que um solo, sem bastante suprimento de água, não pode substituir.

Em zonas de clima temperado e regular quantidade de chuvas, o solo recebe mais água do que os grumos e frestas podem reter. O excesso deposita-se no fundo. Como a água aqui não pode evaporar-se, as camadas mais baixas são irrigadas ao máximo, e no lugar em que se fere a rocha na profundidade, goteja. Se há intervalos e rachas, a água os segue e nas depressões originam-se os rios subterrâneos (Fig. 102). Se uma camada mole cede à água, formam-se cavernas e até mesmo vales inteiros. O meandro, admirado na Antiguidade, que foge numa direção e volta por outra, as grutas de Adelsberg na Ístria ou as cavernas de Carlsbad em Novo México são correntes de água subterrâneas que percorrem quilômetros em trens elétricos — passeios ao Inferno.

Se a água subterrânea depara em seu caminho com uma camada impermeável, ela se acumula sôbre esta, formando um lago subterrâneo. Um geólogo francês chegou à conclusão de que as águas esporàdicamente ricas, mas fàcilmente esgotáveis dos rios das montanhas da

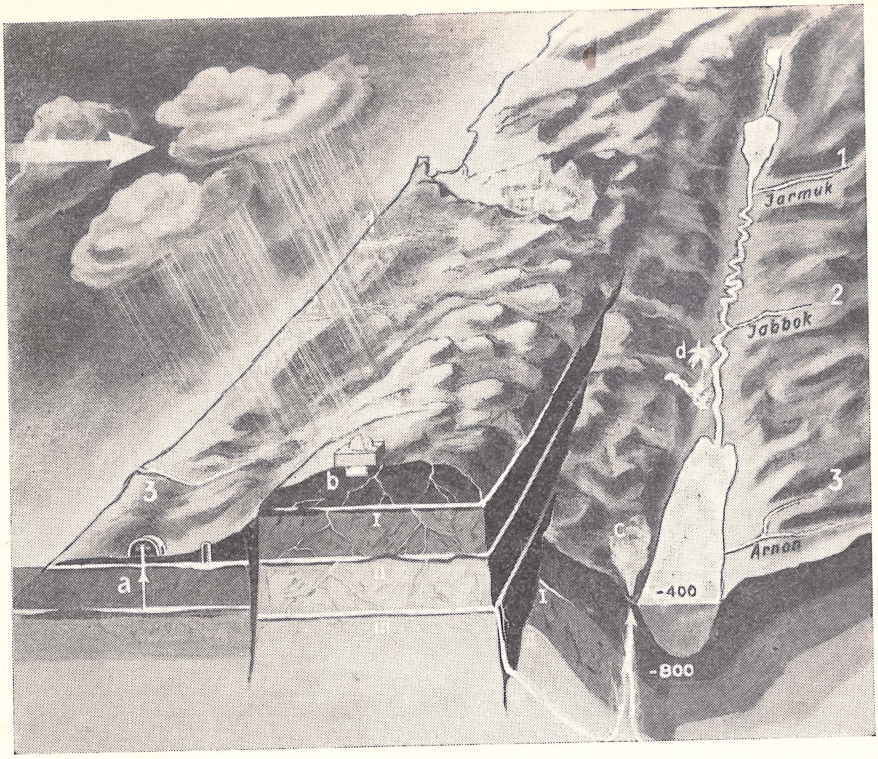


Fig. 102 — A ÁGUA SUBTERRÂNEA. Denomina-se água subterrânea a que penetra pelo solo adentro e, ao ser retida por estratos impenetráveis, se espalha, geralmente, em várias camadas. Ao pé das montanhas essa água brota como nascente. O maciço da Palestina aqui representado, como exemplo, pela sua estrutura "clássica", fornece uma visão nítida sôbre a distribuição característica das águas numa região. A chuva vem habitualmente do oeste, na Europa e na Ásia Anterior. Devido à elevação das montanhas, as nuvens se transformam em chuvas no leste, tornando o solo aqui bastante fértil (região costeira do Sharon), ao passo que "à sombra das montanhas" não chove e a terra de Judá resseca tornando-se um deserto. Pela irrupção do fôsso jordânico (à direita) os três rios que correram antigamente do interior para o mar, (1, 2, 3 à direita), foram cortados, deixando na região apenas os três restos de rio da planície costeira (1, 2, 3 à esquerda). A água das chuvas acumula-se sôbre as três camadas geológicas em 3 espelhos de água subterrâneos I, II, III, de onde brotam por poços artesianos (a) ou como nascente natural (d, Oásis de Jericó). No fundo do fôsso do Jordão brota água quente sob a forma de termas (c); b representa a acumulação das águas de chuvas em cisternas nas regiões altas e pobres em nascentes.

África do Norte se arremansam sob o Saara, devendo ser encontradas ali. Fizeram-se perfurações que revelaram debaixo do deserto um "espelho de água" que é a superfície de um lago subterrâneo de 200 m de profundidade, com área correspondente à da França — constituindo isso notável descoberta do século. Foi iniciado o trabalho de extrair a água dêsse lago e formar uma estrada de oásis através do deserto.

É raro a água subterrânea encontrar espaço suficiente como sob o Saara, para se espalhar, ficando oculta. Em geral vaza pelas frestas e vem à luz do dia como "nascente". À margem de quase tôdas as montanhas correm essas nascentes de água subterrânea pela rocha fendida. Se a água antes de brotar atinge profundidades quentes ela surge então como "terma". A maioria das termas jorra da base de montanhas que, por seu pêso, mergulham profundamente, aquecendo pela compressão a água do fundo. As camadas aquecidas e regadas por águas quentes largam sal com facilidade, e é assim que a água surge saturada de sais. Por motivos ainda pouco esclarecidos essas águas termais têm efeito salutar sôbre certas doenças. E assim também a imagem se modificou: na espuma escaldante do Inferno, os pecadores não se cozinham mas se banham para ganhar saúde. O Inferno não se acha debaixo de nós, mas nós mesmos é que o preparamos cá em cima, à luz do dia claro.

5) A água alcança a estação terminal de sua viagem circular: o mar

Três quintos da Terra estão cobertos de água. As massas de Terra acham-se aglomeradas numa metade do globo, enquanto a outra é constituída quase que exclusivamente de água, o Pacífico, área maior do que a de tôdas as massas de terra juntas. O globo sôbre o qual vivemos não é um "globo terrestre" no que diz respeito à sua superfície, e sim um "globo de água" coberto pelo líquido numa altura de quilômetros, de onde os continentes surgem como ilhas (Fig. 103). Os continentes elevam-se pouco sôbre os mares. Se a crosta terrestre se achatasse, tôda a terra desapareceria na água e seria coberta pelo mar a 400 m de altura. A massa de água parece aumentar. Não sabemos como os mares se originaram. As narrações entusiásticas de que "monstruosas quantidades de água da atmosfera brumosa pré-histórica se despejaram sôbre a Terra, aglomerando-se em mares" são fantasias. Também não sabemos de onde provêm os sais. A explicação comum de que os rios tivessem pela lavagem extraído os sais solúveis da terra firme soa convincente, mas as teorias plausíveis em geral são erradas. Surpreendente é que os sais das águas do mar se identificam em composição com os gases dos vulcões. É bem possível que a água salgada marinha provenha de profundidades gretadas e seja, portanto, termal e que os mares até

Fig. 103 — VIVEMOS SÔBRE ILHAS. Três quintos da Terra estão cobertos de água. A metade do globo terrestre na região do Oceano Pacífico não é senão um oceano quase inteiro.

hoje continuem se enchendo de água oriunda dessas fendas no interior da crosta terrestre.

Atualmente existem duas grandes massas de água que se defrontam nos dois hemisférios do globo, o Oceano Pacífico e o Atlântico. Elas têm uma diferença fundamental: o Oceano Pacífico é grande e antigo; o Oceano Atlântico é novo e pequeno.

O Oceano Pacífico consiste numa bacia central profunda e regiões marginais mais rasas. A parte central forma um buraco quase circular de 35.000.000 km² de extensão cuja profundidade, em média, é o dô-

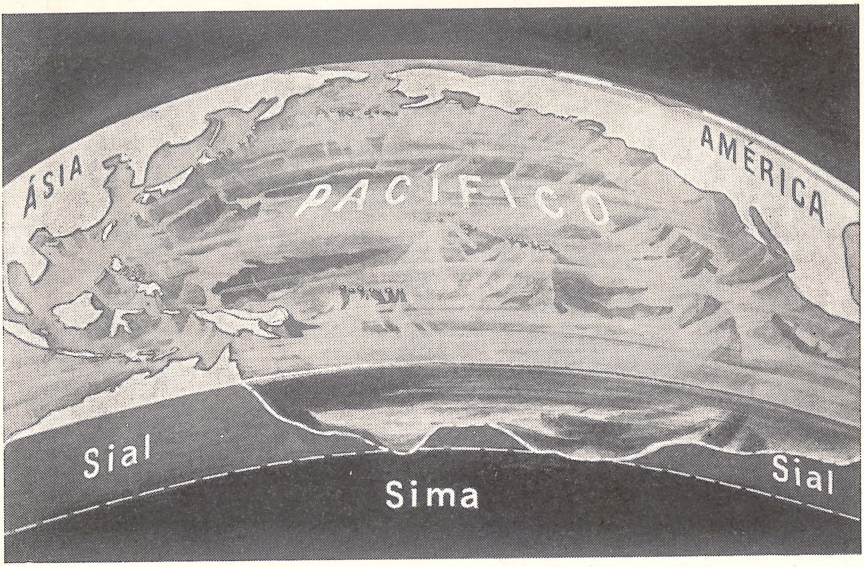


Fig. 104 — O FUNDO DO OCEANO PACÍFICO. A bacia do Pacífico é um buraco agudo como que feito com punção e tem profundidades que vão a mais de 10.000 metros. Estabeleceu-se a teoria de que ali se desprendeu a Lua, deixando um buraco na crosta terrestre que alcança a camada inferior do Sima (ver Fig. 71-a).

bro da do leito de mar normal, isto é, 5.000 m (Fig. 104). Seus bordos são contornados de rupturas que, por sua vez, têm o dôbro dessa profundidade, ou seja, 10.000 m. É como se da Terra tivesse sido arrancado um pedaço redondo; nesse ponto falta à crosta terrestre a sua camada superficial que se denomina Sial, porque é principalmente constituída de silício e alumínio, enquanto a camada inferior se chama Sima, porque é constituída sobretudo de silício e magnésio. Na margem asiática está o Japão, na americana a Califórnia e ambas, como tôdas as regiões com rupturas, são sujeitas a tremores de terra. Pela margem gretada da bacia, goteja o magma. Dos 500 vulcões ativos da atualidade, acham-se 300 no interior e 100 à margem dêsse "Buraco do Pacífico".

Não sabemos como se fêz êsse orifício na crosta terrestre. Estudiosos sérios como Darwin e Pickering estabeleceram a teoria de que foi nesse ponto que a Lua se desprendeu da Terra (Fig. 71a). Isso naturalmente é apenas um ponto de vista científico, do qual, à semelhança da idéia do universo em explosão, não se pode dizer mais senão que um ponto de vista engenhoso tem muitas vêzes mais valor do que uma verdade monótona.

O Atlântico é um oceano recente que, segundo a teoria dos continentes flutuantes, se originou pelo fato de a América se ter desprendido do Velho Continente, flutuando em direção oeste. A sua bacia

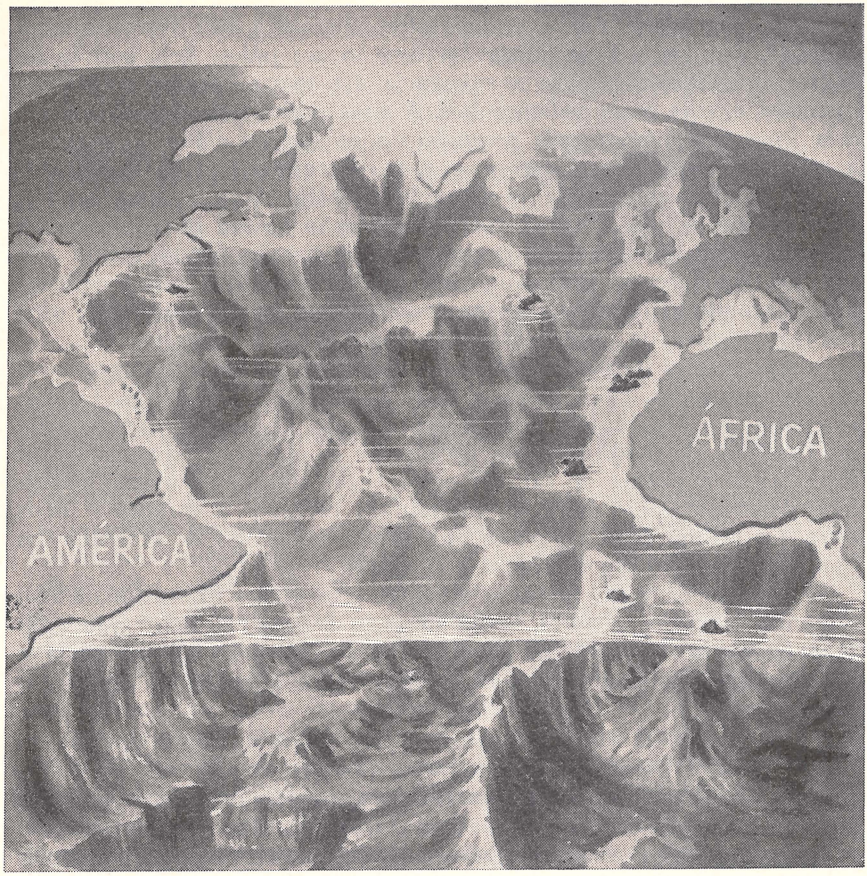


Fig. 105 — O FUNDO DO OCEANO ATLÂNTICO. O perfil do leito do Oceano Atlântico é fundamentalmente diverso do da bacia do Oceano Pacífico. Ao contrário dêste, o Oceano Atlântico é jovem. Entre a Europa e a América, que provàvelmente se afasta flutuando, brota um sistema montanhoso do rasgão hipotético, cuja linha de cumeada acompanha as costas. Os seus cimos irrompem à flor da água com o nome de ilhas. Êsse esbôço corresponde exatamente aos requisitos da teoria dos continentes flutuantes.

não é, como a do Pacífico, um buraco rodeado de rachas, mas o seu fundo se apresenta como a continuação natural dos continentes limítrofes e, conforme o exige a teoria da flutuação dos continentes, estende-se, no meio, entre ambas as massas de terra continentais que se separam, uma cadeia de montanhas, as quais são mais ou menos tão altas quanto os Alpes e correm paralelamente às costas (Fig. 105).

Diversos motivos influem para que a água dos mares se movimente em numerosas correntes. O primeiro é a rotação da Terra; a fôrça centrífuga impele as massas de água para o Equador de modo que o

nível do mar nesse ponto é mais alto. Devido a isso forma-se uma "queda", que faz a água voltar em direção aos pólos. Pela colisão de ambos êsses movimentos e a existência das massas de terra criam-se correntes e, com estas, redemoinhos. A essas razões fundamentais acrescem inúmeras outras: pela ascensão do ar quente sôbre o Equador a pressão atmosférica é menor e por conseqüência a água torna-se mais leve. Ela emerge da profundidade. Além disso a água aqui é mais quente, o que ocasiona outra diminuição do seu pêso. Nos pólos a água esfria, torna-se mais pesada e desce para o fundo. Assim originam-se correntes verticais que sobem e descem, adquirindo em certos pontos grande violência e a forma de catadupas. Consta que existe uma "cascata" dessas, de imensa fôrça de queda na costa inglêsa.

Outras "razões de movimento": No Equador a água evapora-se mais do que nos pólos. Com isso é atraída água das zonas árticas. Os sais marinhos são distribuídos com irregularidade. Os sais tornam a água mais pesada, de modo que por tôda parte se originam "quedas" entre mares ricos e pobres de sal. Os continentes atraem os mares, porém irregularmente, pois onde há montanhas elevadas a atração é mais forte. Os fatôres mais vigorosos que exercem o efeito de êmbolos das bombas de sucção são os ventos e as marés.

As estradas de vento como as monções e os alísios impulsionam não sòmente os navios de vela, como também a água. A maré que duas vêzes diàriamente corre ao redor do globo terrestre eleva-a a 30 m de altura, lançando-a contra os continentes e à enchente segue-se a vazante.

A cada corrente superficial corresponde uma corrente oposta em plano inferior. Diz-se que pelos Dardanelos corre a água do Mar Negro em direção ao Mediterrâneo. Debaixo, porém, passa uma corrente inferior em direção inversa. Pela estrada de Gibraltar entra a corrente superior do Oceano Atlântico para o Mediterrâneo, porque êste é mais quente e evapora-se com mais intensidade. Uma corrente inferior mais fraca corre em direção inversa. Percebe-se a profusão de problemas quando se estuda o labirinto das correntes marinhas, e até hoje só conseguimos saber algo de "superficial" a respeito. Quem sabe o que se passa no fundo dos mares, onde, das fendas da crosta talvez se ergam imensas massas de água que em outros pontos provàvelmente desaparecem na profundidade abismal.

A corrente marítima mais importante e por isso a mais conhecida é a Corrente do Gôlfo. Como os babilônios no Eufrates e os egípcios no Nilo, os homens do Ocidente vivem às suas margens. É a maior corrente da Terra, carregando mais água do que todos os rios juntos, e pelo seu calor constitui a aorta da civilização ocidental. Diante da costa americana, ela mede mais ou menos 33 km de largura e movimenta-se com a velocidade de um cavalo a trote. No Gôlfo do México, que aliás fornece a quantidade insignificante da água, a sua temperatura é de quase 30º. Diante da costa do Canadá, ela vai de

encontro à corrente do Labrador, de onde se origina a "fábrica de mau tempo da Terra Nova" (veja Fig. 100). Aqui ela se dirige para leste, cruzando o Oceano Atlântico e chega, fortemente alargada e esfriada, às costas ocidentais européias. Ela fornece às Ilhas Britânicas o seu clima ameno e as abundantes chuvas. A Inglaterra é uma estufa situada no mar, aquecida pelos canais de água quente da Corrente do Gôlfo borrifada por chuvas mornas. As florestas perfumadas de musgo das baladas de Burns, o incomparável prado inglês, a lã da Escócia e o linho da Irlanda são produtos da Corrente do Gôlfo. Os ciclones trazidos por ela molham de chuvas a Europa até os cumes dos Carpatos. Se a Corrente do Gôlfo hoje se desviasse do seu curso, murcharia amanhã a cultura ocidental como uma rosa cortada de seu ramo.

A idéia que se discute freqüentemente de influenciar as condições atmosféricas, desviando-se "favoràvelmente" as correntes marítimas, são sonhos perigosos. Suponhamos que se siga o plano de dinamitar o istmo do Panamá, a fim de levar a Corrente do Gôlfo para o Oceano Pacífico. Em primeiro lugar a Corrente de Labrador que então encontraria menos resistência, avançaria para o sul ao longo da costa leste americana, congelando o pôrto de Nova York. Flórida teria que receber outro nome, pois não seria mais a costa de flores. A Europa se tornaria 2 a 3° mais fria, e a Inglaterra teria um clima como o da Lapônia e a França o da Finlândia. A "fábrica de mau tempo" de Terra Nova se transportaria para o sul, e não atravessariam mais o Atlântico norte "navios de nuvens" fretados de chuva. A Europa se tornaria uma estepe sêca. Sôbre os Alpes empobrecidos de chuva a camada de gêlo ficaria mais fina, as geleiras retrocederiam e os montes mais aliviados subiriam como navios descarregados de dentro do mar de magma. A natureza é assim. Hoje cortamos um istmo na América Central e cinco anos depois, a quantidade de chuva na Europa diminui para a metade. Mais cinco anos e não haverá mais gêlo sôbre os Alpes. Mais cinco anos e uma noite os homens saltam das camas: a Terra treme, pois os Alpes privados de gêlo emergem do mar de magma. São apenas centímetros por ano, mas o suficiente para que o Monte Matterhorn se deite de lado como um navio que faz água e a massa líquida dos lagos suíços seja absorvida pelas fendas, de modo que um dia os peixes apodreçam ao ar livre. Os homens sabem que Washington está situada na Corrente do Gôlfo mas se esquecem de que Salzburgo também está situada na Corrente do Gôlfo. Não se pode cortar um istmo na América Central e continuar dormindo calmamente na Europa. Não se pode modificar o clima de Kamtchatka e continuar a plantar laranjas na Califórnia. O homem de amanhã melhorará o mundo, orientando os ventos, aumentando as chuvas, transformando florestas e desertos em campos. Mas não é tão fácil como pensam os impetuosos e apressados desta época atômica que começa, os quais fantasiam coisas como o degêlo das camadas polares e o desvio das correntes marítimas.

Capítulo XX

O SOLO

1) A vida do solo — uma luta contra as fôrças da destruição

Observando a vida do solo, pergunta-se preocupado por quanto tempo poderá ela subsistir? Nos lugares em que o solo emerge dos oceanos protetores, a profundidade marinha ciumenta procura arrastá-lo de novo para dentro. A água persegue-o das nuvens, cobre-o de chuvas e a terra bonita onde verdejam os pascigos corre como um caldo pardo nos córregos para os vales. Durante quanto tempo continuará fazendo isso? Em noites de tempestade, os ventos sacodem os rochedos como gigantes em fúria, e como testemunhas de antigas investidas vêem-se os cumes gretados, as paredes rachadas, aos seus pés montes de cascalho caído — quanto tempo durará, pergunta-se, até que também esta parede esteja lá embaixo despedaçada? Embaixo, porém, nas planícies, os rios como cações famintos procuram abocanhar a terra dos barrancos e cada bloco que cai das montanhas é engolido por êles e algum tempo depois está no mar. Êste também é insaciável. Não contente com a prêsa fornecida pelos rios, embravece como um tirano insatisfeito com os seus tributos. Investe contra as costas rochosas, corroendo-as e nas baías range o saibro moído pelas ondas até se tornar areia e o que um dia foi monte orgulhoso é esfarelado na mão de uma criança, reduzido a areia. Tudo se transforma em areia — o fundo do mar e o deserto — eis o fim inevitável, é o que pensa o homem.

Mas a natureza é diversa. Se ela fôsse assim, não estaríamos aí a nos queixar. Para que possamos queixar-nos é preciso existir. E quando existimos, provamos com isso que não há razão para nos queixarmos. A natureza vive como hoje desde centenas de milhões de anos e as montanhas não desapareceram, os mares não secaram, a areia dos desertos não enterrou a terra fértil. Há leis salvadoras. A primeira delas chama-se isóstase, o equilíbrio.

As montanhas não se acham sòlidamente encravadas; isso é uma ilusão da humanidade. Elas flutuam no mar de magma como os *icebergs* na água. Se um *iceberg* começa a derreter, perdendo massa na parte superior, imediatamente sobe do espelho d'água a quantidade de massa perdida em cima. Assim também as rochas se elevam tanto do mar de magma, quanto os poderes ciumentos do mundo superior lhes furtam lá no alto. Na paisagem nada se perde. As massas desviadas dos morros são levadas pelos ventos e os rios para os mares e depositam-se nos fundos dêstes; mas os mares não se enchem, pois os seus leitos afundam na mesma proporção em que o sedimento aumenta.

Os morros não se tornam mais baixos; os fundos dos mares não ficam mais altos — nada se modifica. A isóstase mantém a balança das massas em equilíbrio.

Quando se ler, pois, a seguir acêrca da destruição dos morros, ninguém deve sentir arrepios. Morros não são castelos de açúcar que esfarelam, camadas geológicas não são vidraças que se despedaçam, mares não são barris de lixo que se enchem do entulho de continentes. "Os morros pulam como cabritos", as colinas ondeiam como vagas, sempre renovadas; fossos arrebentam como feridas, cicatrizam como estas e suas cicatrizes são nossas montanhas. A Terra vive! (Figs. 106 e 107).

2) O primeiro inimigo: a gravidade

Eis uma frase banal, mas que pesa no destino: as pedras só caem de cima para baixo. Segundo a sentença do antigo filósofo grego, não é possível nadar duas vêzes através do mesmo rio, como também não se pode galgar duas vêzes o mesmo morro. Quando se desce dêste, êle diminuiu por nossa causa, pois a cada passo durante a escalada um pedaço de morro foi pisado. Todo aquêle que galga um morro é um seu destruidor. Não só o homem, também a planta e o animal. Quando uma cabra silvestre pula sôbre um precipício, debaixo de suas patas rolam algumas pedras para o vale e quando a 1.000 metros mais abaixo o pastor conduz o seu rebanho aos prados, os animais pisoteiam a encosta vale abaixo. Cada casco deixa uma cicatriz na campina sensível. Cada fôlha mesmo que cai de uma árvore localizada sôbre um morro carrega alguns gramas de solo que as raízes subtraíram dêle. A abelha que voa para o seu cortiço de volta dos prados alpestres, carregando os grãos de pólen, também transporta um pedacinho de morro. O mel que se espalha sôbre o pão nada mais é do que um bocado de morro.

Mas os morros não desaparecem. O monte "Zugspitze", que é o mais alto da Alemanha, é visitado anualmente por dezenas de milhares de pessoas, contudo o cume não se achata. Pelo contrário: êle está hoje 11 cm mais alto sôbre Munique do que no início do século. Ou o monte elevou-se ou a cidade afundou-se, ou ambos se elevam, mas Munique menos ràpidamente; ou ambos afundam, mas Munique mais ràpidamente. Não é preciso, pois, sentir remorsos quando se ascende o Monte Rigi para apreciar o afamado nascer do sol que dali se descortina e nessa ocasião se empurra às pisadas um quilograma de morro alguns centímetros para baixo. Com os morros acontece o mesmo que com os homens. Morre um, desaparecem famílias inteiras, mas a humanidade não desaparece. Aqui está a pedra tumular de um morro desaparecido na região, mas veja ali no horizonte aparecem as dunas de novas colinas — é a futura geração! As cadeias de montanhas da costa oeste americana constituem um valado que a bacia dura do

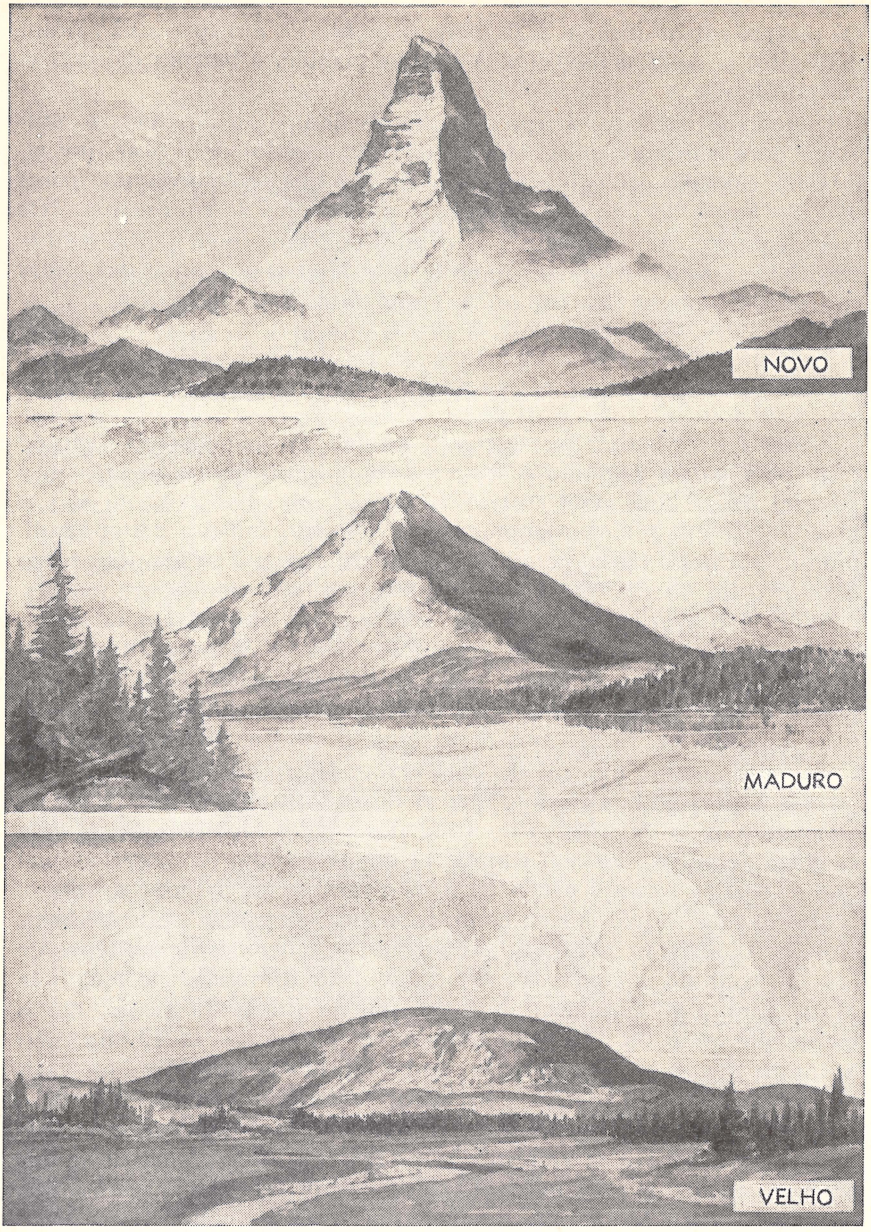


Fig. 106 — CURSO DE VIDA DO MONTE. De íngreme e alto para largo e raso.

Fig. 107 — O CURSO DE VIDA DO VALE. De íngreme e alto para largo e raso. A vida do vale segue paralela à do monte. Cada um dos 3 vales serviria de coberta para o monte que lhe está em frente. Morro e vale são como positivo e negativo.

Pacífico levanta na proa do continente em sua viagem para o oeste; é um valado de pólo a pólo. A ruptura entre Laurásia e Gonduana estende-se dos Alpes até o interior da Ásia. Essa frente de luta geológica está viva em tôda a sua extensão, tão viva que ela se amontoa em montanhas que são as mais altas da atualidade. Aí estão em jôgo fôrças que nem as patas das cabras silvestres, nem as solas de prego dos alpinistas conseguem abater.

3) O segundo inimigo: a água

Sôbre as altas montanhas a água da atmosfera cai transformada em neve. Pela pressão, degêlo e novo regelamento a neve se transforma em gêlo, o "gêlo eterno" das montanhas elevadas. O gêlo é pesado; consta que em virtude do seu pêso, as altas montanhas estão enterradas 100 m para dentro do mar de magma. Mas também é plástico, pois se amolda ao fundo, enche as depressões e desliza em forma de rios congelados pelos vales abaixo. Enquanto êsses rios de gêlo (geleiras) caminham anualmente uma média de 100 m, êles vão limando os vales com o seu imenso pêso. As geleiras são as plainas das altas montanhas (Fig. 108).

Durante as horas mais quentes do dia o gêlo derrete para em seguida congelar de novo. Quando a água gela, ela se dilata de mais ou menos $^1/_{10}$. Quando meninos, colocávamos garrafas de cerveja cheias de água fora das janelas ao frio do inverno até que a "bomba" arrebentasse. Cada fenda da montanha que durante o dia se enche de água de gêlo derretido representa uma dessas garrafas, cada gôta que se deposita numa fresta é um cartucho de explosivo. A atmosfera conduz na região do gêlo uma guerra de minas contra a montanha. Ao meio-dia ela coloca "bombas-relógio" que explodem à noite. Os alpinistas referem-se a êsse fenômeno, dizendo: A montanha está "vivendo". Seria melhor dizer: "Ela está morrendo".

Se nessas explosões cai um bloco sôbre a geleira, êle não fica muito tempo na superfície; debaixo dêle o gêlo derrete e êle afunda devagar até alcançar o solo. A geleira pesada escorrega então sôbre o bloco, limando-o e ao rolar com o gêlo para baixo êle se torna uma daquelas pedras esféricas que se acham aos milhares nos sulcos das geleiras. A geleira é uma esteira transportadora, que não é de ferro e sim de gêlo, rolando sôbre esferas, não de aço, mas de pedra, a primeira esteira transportadora que corre sôbre rolamentos de esferas na história da técnica geológica.

Ao contrário do gêlo que desliza vagarosamente, a água que goteja na extremidade da geleira foge impetuosamente. A geleira é uma plaina muito larga que alisa o vale das montanhas com pressão vigorosa e avanço lento; a água é um serrote que em rápidos golpes vai cor-

Fig. 108 — OS INSTRUMENTOS QUE FORMAM A PAISAGEM. I: GELEIRA. O gêlo da geleira aplaina em ritmo vagaroso as encostas entre os picos de neve, tornando-os vales das altitudes.

tando gargantas através das rochas (Fig. 109). Gêlo modela, água demole. Os fragmentos recortados soltam-se e caem no vale, são polidos pela água e tornam-se entulho, que se transforma em pedra, pedra em saibro, saibro em areia. A areia ainda não é o fim, pois ao lado da trituração física, ocorre também a dissolução química. Verificam-se processos químicos ininterruptos de dentro e de fora, e cada uma das composições assim formadas que é solúvel vai embora com a água. E o final disso?

O grande César, morto e reduzido a lama
Tapa algum buraco no árido norte,
Oh! — o pó que fêz tremer o mundo
Cobre uma parede contra vento e frio!"

Assim como na digestão dos alimentos, existe também na decomposição dos minerais o produto "clássico" final: o "ácido carbônico". Êste transforma a cal à prova de água em carbonato de cálcio solúvel. Se uma montanha contém muita cal e se essa é extraída por água rica em ácido carbônico, a montanha fica cheia de cavidades. Em vez de vazar lentamente durante meses pelas camadas, a água escorre por entre essas grutas e a montanha resseca como um recipiente furado. A camada mais fina de terra fértil que cobre as rochas esfarela tornando-se pó, que é levado pelos ventos. As rochas vão surgindo cada vez mais como os ossos de um cadáver em decomposição e finalmente permanece sòmente o esqueleto petrificado da montanha, a penedia nua.

Se a resistência das camadas é diferente uma das outras, as mais fracas desaparecem primeiro; se camadas que desaparecem mais ràpidamente se acham sob outras mais constantes, formam-se grutas cuja maioria se desmorona sob o pêso do monte, de sorte que as camadas afundam, se abaúlam e se origina a característica formação detrítica das camadas. Do lado externo da montanha formam-se escadas geológicas, sôbre cujos degraus a água se precipita em cascatas. O Niágara corre sôbre estratos de cal dura que se alternam com outros macios de argila e marga (Fig. 110). A água que cai com fôrça gigantesca absorve em sua voragem o material das camadas inferiores macias, retirando-o debaixo das superiores duras, de modo que se formam coberturas suspensas. Em intervalos de poucos anos quando a "sacada" fica bem escavada, a cobertura desmorona sob o pêso da água e assim a queda d'água recua. Tôdas as cascatas retrocedem dessa maneira. As quedas d'água são suicídios. Não há quedas de água antigas.

Os rios também são "quedas de água", almejando nivelar-se, procurando para isso afundar-se mais até que o seu curso superior esteja tão fundo quanto a sua foz. Devido a essa corrosão êles também apresentam a tendência de recuar. A biologia do rio: a água caminha para a frente, o leito para trás.

Num país novo geològicamente, com sistema de desaguamento recente, os rios principais geralmente correm em intervalos regulares, relativamente paralelos, das montanhas para o mar. Vejamos. Europa

Fig. 109 — OS INSTRUMENTOS QUE FORMAM A PAISAGEM. II: A TORRENTE. A água que se despenca das alturas recorta como uma serra desfiladeiros e vales em tempo geológico veloz.

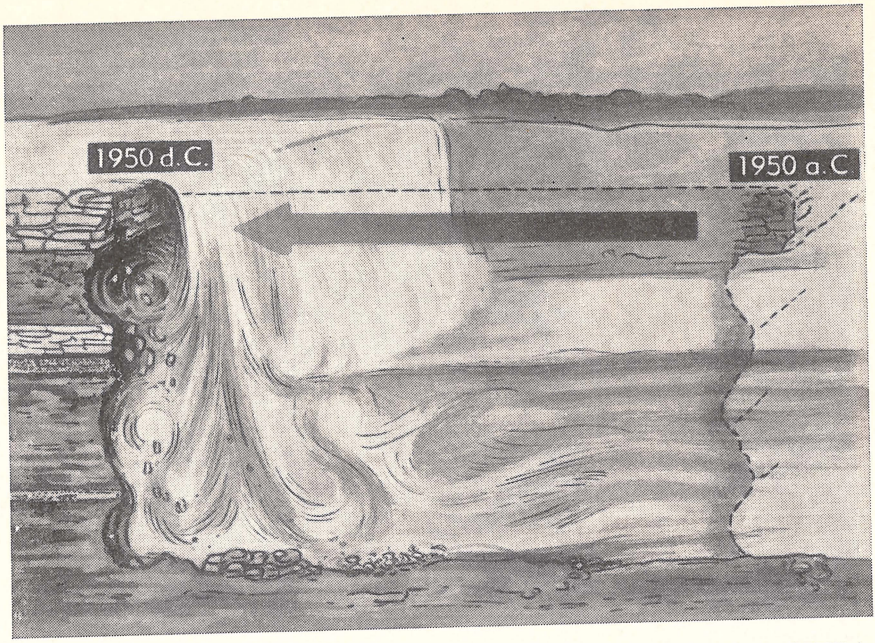


Fig. 110 — OS INSTRUMENTOS QUE FORMAM A PAISAGEM. III: A QUEDA DE ÁGUA. A formação da paisagem pelas quedas de água pode ser observada mesmo pelo homem de vida curta. Assim, por exemplo, o Niágara recua 30 cm em cada 10 anos.

do Norte: Loire, Sena, Maas, Reno, Elba, Óder, Vístula, Niemen, Duna, etc.; Europa do Sul: Danúbio, Pruth, Dniester, Bug, Dnieper, Don e Volga (Fig. 111, 1). Os afluentes chegam em sentido vertical, de modo que êles voltam as costas aos afluentes do rio vizinho. À medida que os afluentes correndo em sentido contrário, recuam com as suas fontes em sentido oposto, estas se aproximam (2) e um dia se encontram. Começa então a luta pela água e direção. O rio que sucumbe tem que acompanhar o rio vitorioso. Se a voragem do vencedor é bastante forte êle não só suga o seu afluente, como também através dêste a água do curso superior do rio principal, de modo que o curso inferior dêsse rio principal, cortado de sua fonte, míngua em um riozinho insignificante. Assim, o Reno suga o Meno do lado leste, o Mosela, do lado oeste, degradou o Weser e o Maas para rios de segunda categoria. Quando um rio absorve água do curso superior de um rio vizinho através do seu afluente, êle se compõe de dois rios originalmente paralelos que se ligaram pelo filête transversal de dois afluentes antigos. Essa ligação transversal, uma espécie de soldadura, denuncia-se mais tarde como um vinco em feitio de baioneta no centro do curso do grande rio. É característico disso o vinco do Reno no centro do seu curso. É a cicatriz do vencedor, que dominou o seu rival. Um exemplo único do destino movimentado dos rios está re-

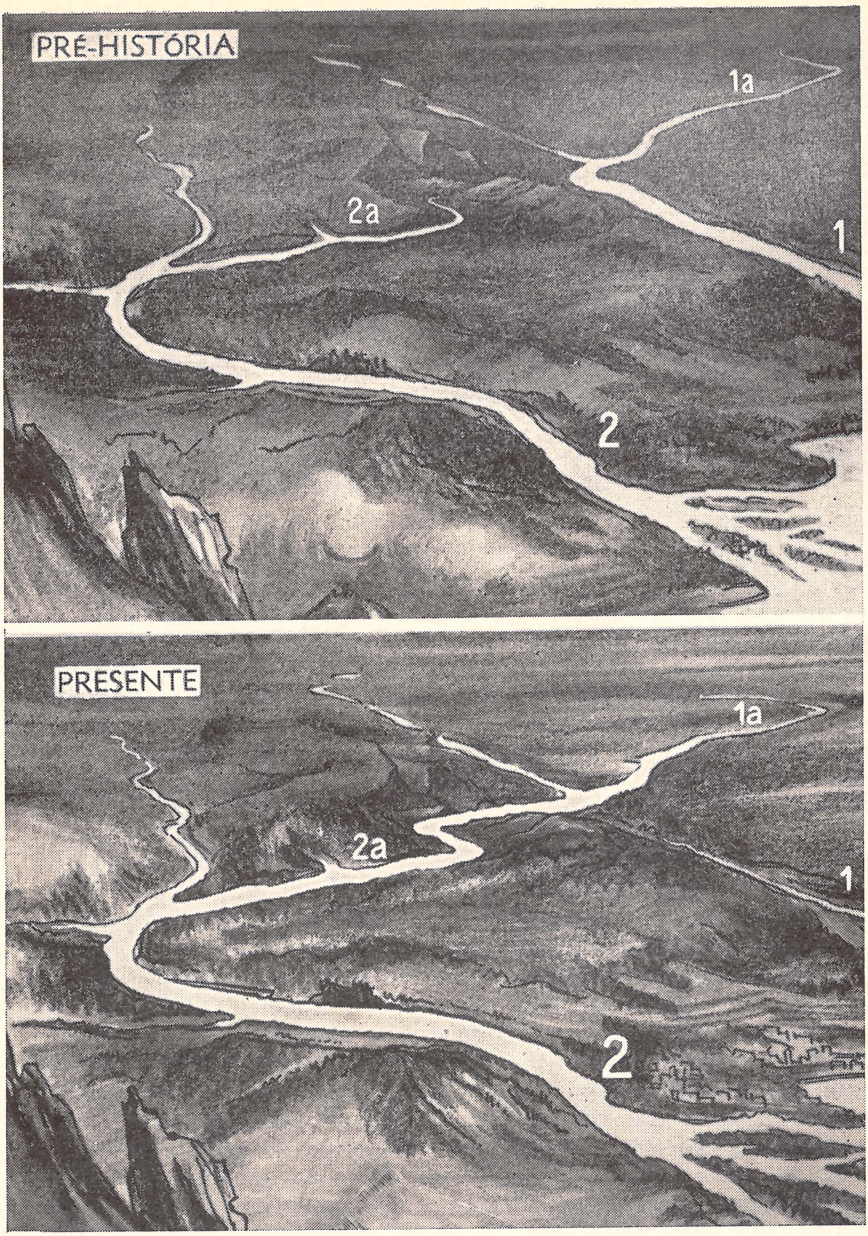


Fig. 111 — OS INSTRUMENTOS QUE FORMAM A PAISAGEM. IV: O RIO. Os rios cavam cada vez mais fundo para dentro da paisagem e sugam a água um do outro reciprocamente. Os mais fortes roubam aos mais fracos os afluentes, de sorte que o número dos rios diminui. Restam poucos grandes rios, no lugar de muitos pequenos.

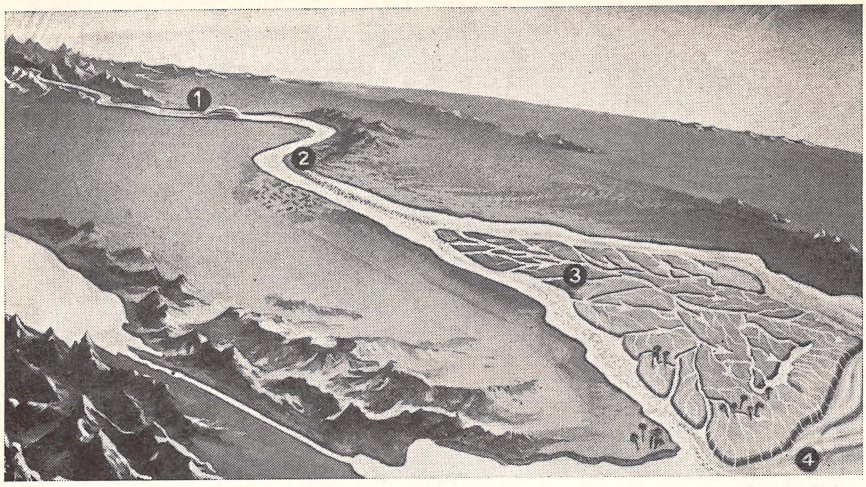


Fig. 112 — OS INSTRUMENTOS QUE FORMAM A PAISAGEM. V: O DELTA. A terra roubada do interior pelos rios acumula-se nas fozes, formando deltas. O Nilo carrega dos morros da Abissínia (1) massas de lama para o seu vale (2), construindo na sua foz um delta (3). Parte dessa enxurrada vai para o mar (4).

presentado na Fig. 102, onde se vêem os mapas hidrográficos da Palestina. Devido à irrupção do fôsso do Jordão a 800 m de profundidade sob o nível da planície, os três importantes rios que antigamente corriam do interior para o mar, irrigando por certo a terra satisfatòriamente, foram cortados a 100 km de sua foz e hoje alimentam com a sua água o Jordão. Êste, forçado pelo fôsso, não corre como é de regra, para a costa e sim paralelamente a ela, como corre próximo à costa oeste norte-americana o Rio Colorado no profundo vale do "Grand Canion". Restaram ao país três rios insignificantes. O Jabok é o rio a cuja margem Jacó lutou à noite com o anjo.

Os rios roubam as montanhas sem cessar, mas o auge da época em que isso acontece é no período das chuvas torrenciais. Carregado com o espólio, a água se colore com as terras roubadas e assim originam-se os nomes Rio Amarelo, Nilo Azul, Rio Vermelho. Quando os rios sobem, as montanhas caem. O que vemos escorrer como tinta para a planície são montanhas que caem. O Colorado, que corre com ímpeto extraordinário na profunda fenda da Terra que é o "Grand Canion", leva tanta terra que um comboio do mesmo comprimento e velocidade do rio não transportaria tanto solo quanto a água. O Mississípi retira tal quantidade de terra do solo das planícies centrais da América do Norte que êste, nos últimos 15.000 anos abaixou 1 m. O Reno é uma esteira transportadora que leva constantemente terra dos Alpes para o Mar do Norte. Se os suíços estabelecessem uma taxa aduaneira de exportação, os holandeses teriam que pagar, pois Amsterdam está situada sôbre "terra suíça". O Egito geològicamente é uma província da Abissínia (Fig. 112). Em maio e junho as chuvas descem sôbre as

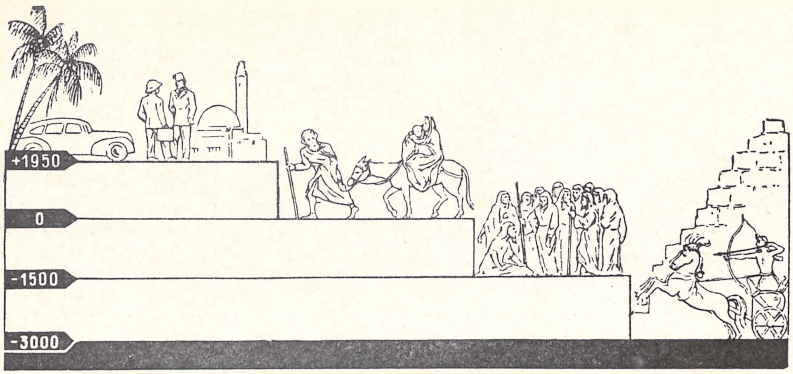


Fig. 113 — CAMINHAMOS SÔBRE AS CABEÇAS DOS FARAÓS. O Nilo deposita anualmente uma nova camada de terra abissínia sôbre o Egito. Cada milênio caminha sôbre os ombros do milênio passado.

montanhas elevadas da Abissínia (1). Uma enchente de lôdo rola para o vale, abandonando o país com o nome de Nilo Branco e Nilo Azul (2). Seis semanas depois, a onda de enxurrada alcança o Egito e os egípcios agradecem ao "Nilo Sagrado" pela terra que roubou à Abissínia (3). Através de comportas êles deixam a água correr sôbre o solo ressecado e todo ano deposita-se uma camada de terra abissínia de 1 milímetro de altura sôbre o solo egípcio que em cada milênio sobe uns 80 cm. Quando os irmãos de José se aproximavam com os seus presentes, êles caminhavam sôbre os destroços das antigas dinastias. Quando os carros de guerra dos romanos dominaram o país, êles corriam sôbre as costas dos faraós; os nossos automóveis correm sôbre as cabeças dos califas; e como nós andamos sôbre outros, assim outros andarão sôbre nós (Fig. 113).

Quando se vê a água barrenta das chuvas a correr das montanhas, tem-se vontade de chorar. Mas não é preciso ficar triste. A terra vai embora mas não desaparece; ela migra. Perde-se nas alturas, mas resurge nas baixadas. As épocas das chuvas são as semanas em que as montanhas dão à luz. Suas filhas são as férteis planícies. O espinho de Cristo que seca lá em cima no sol da região montanhosa da Judéia escalvada pelas chuvas, verdadeira imagem da desolação, floresce 30 anos depois lá em baixo na planície de Sharon, transformado em "lírio dos campos". As cerejeiras do Japão vivem da terra que o Fujiama lhes preparou em sua cozinha vulcânica. As altitudes da Sierra Nevada estão nuas, lá em baixo, porém, florescem os laranjais da planície californiana. A flora campesina da Suíça é famosa, o que não admira, pois é alimentada pelo "leite" dos Alpes: 1 colher de chá de morro dissolvido em 1 litro de chuva, 3 vêzes por mês, esta é a receita com que as montanhas alimentam os seus filhos nos berços dos vales (Fig. 114).

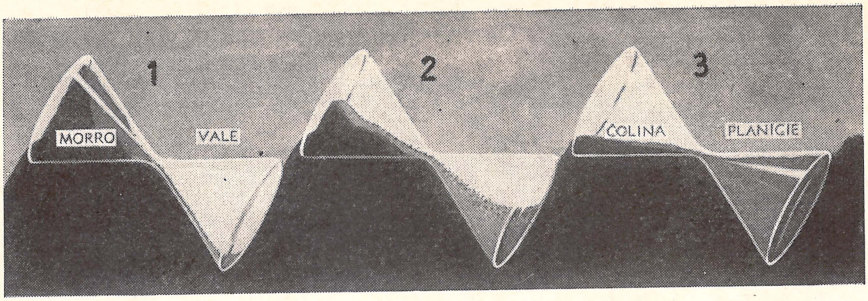


Fig. 114 — OS INSTRUMENTOS QUE FORMAM A PAISAGEM. VI: A GRAVIDADE. Das montanhas cai a rocha moída e enche os vales. Ali, pelo trabalho dos microrganismos, ela se transforma em "terra". Assim as alturas estéreis tornam-se baixadas férteis. Observem-se primeiro os morros (prêto) sem olhar as ampulhetas; depois vejam as ampulhetas sem olhar para os morros. A terra em movimento está desenhada na côr cinza-escuro.

4) O terceiro inimigo: a variação da temperatura

Aprendemos em diversos trechos como age a variação da temperatura sôbre os montes isolados e apenas temos que resumir o seguinte: os observatórios denunciam que os montes descrevem uma rotação diária pelo aquecimento unilateral pelo Sol e que no inverno são impelidos para o sul pelo gêlo que esfria nas profundidades maiores, sendo que no verão regressam às suas posições. Na região dos cumes congelados a água de degêlo se infiltra durante as horas quentes do dia nas fendas das rochas, regela com a chegada da noite e age como explosivo pela distensão da água que congela. Assim também cada pedra que cai numa fenda e fica prêsa ali. Em horas frias a pedra se contrai e resvala mais para o fundo; em regra apenas uma insignificância, 1 mm ou menos. Se o fragmento de pedra é mais aquecido do que a rocha em dia quente ou na próxima estação quente do ano, êle se distende, e aparta as paredes que o aprisionam. Isto pode acontecer uma vez em mil; podem passar-se séculos até que semelhante mecanismo entre em atividade. Mas há bilhões de estilhaços nas cavernas e a natureza tem tempo. Se viajamos através de montanhas rochosas de regiões quentes e sêcas como por exemplo, o Saara, ouviremos à noite o ruído de tiros que o inexperiente atribui a assaltantes, sacando o revólver. Mas o guia tranqüiliza-o. Quando a temperatura cai 20° ou mais depois do crepúsculo, como acontece nos desertos, os rochedos se contraem e estalam como móveis novos. Êsse estalido dura horas, sendo de admirar que ainda existam essas montanhas. Com efeito, há nas regiões sêcas montanhas que estão reduzidas a uns restos mesquinhos devido ao calor do dia e ao frio da noite. A Fig. 115 nos mostra uma dessas ruínas, da qual se poderia acreditar fôsse alvo de artilharia pesada. Foram apenas os fótons da luz solar, porém a natureza trabalha com um fator que nós homens mal conhecemos: o tempo.

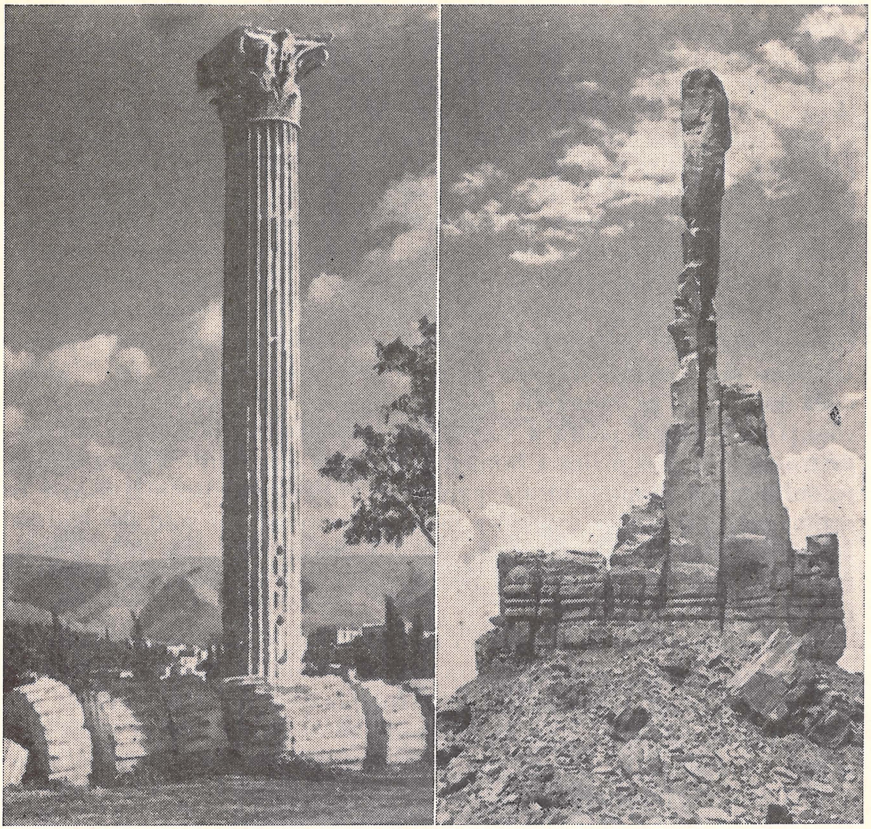


Fig. 115 — A RUÍNA DE MORRO. Não sòmente os castelos acabam em ruínas, também os morros. Esta "ruína" é o resto característico de um morro numa região árida.

5) O quarto inimigo: o vento

Sôbre os picos elevados, o Monte Branco, o Jungfrau, o Zugspitze há estações meteorológicas. Se colocarmos no porão do observatório um sismógrafo, poderemos verificar pelas oscilações das curvas a intensidade do vento. Com os impulsos do vento os picos são balouçados para um e outro lado como um navio pelas ondas.

Isso, porém, é a parte mais rudimentar do ataque; muito mais destruidor é o veneno que o vento sopra contra os montes. O ar contém sempre maior ou menor quantidade de água que se abate sôbre as rochas varridas de vento. Essa água contém traços de ácido carbônico, sulfúrico, nítrico e grumos de terra que por sua vez conduzem ácidos de humo. Também os restos de plantas e animais que o vento vai

conduzindo, as teias de aranha, as asas de inseto, fragmentos de fôlhas, pólen e sementes, tudo isso adere à pedra e a destrói com os sais e ácidos que contém. Se o vento vem do mar, ainda acrescenta arsênico, iôdo, cloro — de tudo isso só traços, mas a natureza não tem pressa, basta, durante 60.000 anos, dia a dia uma dose homeopática por hora. A pedra é desprotegida; mesmo o granito polido do monumento é poroso se não a ôlho nu, pelo menos sob o microscópio, se não para a poeira, então para as moléculas de ar que entram nesses poros como pássaros em ninhos. O homem coloca-se sob o chuveiro; a água não lhe faz mal. Êle sai lavado e refrescado. Mas na figura do chafariz ficam prêsas as gotas, cada uma delas uma gôta de veneno. Como é curta a vida das pedras observa-se numa visita ao cemitério; apenas 100 anos são passados da data da inscrição "Amor Eterno" ou "Fidelidade Eterna" e os caracteres estão apagados — na pedra e nos corações. Diz-se que a pedra é duradoura. Na verdade ela dura até ser destruída. Um dos maiores inimigos da pedra é a chuva. Não é difícil reconhecer em monumentos e paredes o lado batido pelas chuvas e o vento, pois é o que se apresenta mais deteriorado. No lado das chuvas brotam os espórios de bactérias, algas e musgos trazidos pelo vento. Êles se alimentam corroendo a pedra, e por êsse processo esta se transforma em terra fértil.

Nas regiões áridas o vento não conduz água, nem substâncias venenosas para a pedra, nem organismos que possam proliferar, e em conseqüência não se vêem sinais de decomposição. Os monumentos do Egito pouco sofreram com os milênios, cercados que estão pelos desertos. Os relevos e suas longas inscrições são tão nítidos como se o artista tivesse trabalhado nelas há uma hora atrás. Mas se rodearmos essa obra artística veremos o lado oposto apagado, como se alguém tivesse passado uma lixa no local. E foi o que aconteceu. Êsse alguém foi o vento e só não se vê a lixa, porque lhe falta o papel, mas a areia afiada está ali. O vento em países próximos a desertos é lixa agitada. Se deixarmos o microscópio por curto tempo ao ar livre, observa-se na placa uma série completa de adagas, lanças, estrêlas matutinas, limas, cinzéis e buris e assim não admira mais que as damas de pedra, cujo olhar está voltado para os desertos, não tenham orelhas e lhes falte a ponta do nariz como se tivesse tido lepra ou lupo.

Assim como o conhecedor de arte só ao olhar classifica uma pintura — um holandês primitivo, um veneziano recente — assim o geólogo traquejado ao contemplar a paisagem não tem sequer uma dúvida em dizer imediatamente se um sistema de montanhas é novo ou velho, se determinado vale foi moldado por um rio ou uma geleira ou se certa montanha por ventos secos ou úmidos. A Síria e a Palestina são dois pequenos países, uma faixa costeira de poucas centenas de quilômetros de extensão. Mas a Síria, pela sua situação norte e os seus montes elevados, é úmida, ao passo que a Palestina, com as suas mon-

tanhas cinqüenta por cento menos altas, é árida. Na Síria úmida encontra-se o Monte Hermon, coberto de neve, um monte realmente majestoso, um rei com capa de arminho nas costas, que olha para o sul sôbre os montes da Judéia como se fôssem vassalos. Êsses montes bíblicos não são "montes", são cumes polidos pelo vento, que se parecem com calvas na platéia de um teatro (veja Fig. 118). Tanto faz dizer alguém que foi no Mória que Abraão quis sacrificar Isaac, ou chamar Nebo ao monte em que Moisés morreu, ou denominar Chattin àquele em que Cristo fêz o sermão da montanha. É difícil distinguilos entre si, como se quiséssemos diferençar crânios de mortos, pois não saberemos reconhecer a quem pertenciam. Goethe escreveu o seguinte "À vista do crânio de Schiller":

Vaso misterioso, a distribuir sentenças de oráculo,
Que valho eu
Para ter-te assim na mão?

porém não foi o crânio de Schiller que êle cantou, e sim o de um padeiro. Os montes em regiões úmidas ao contrário, têm, porque estão vivos, traços pronunciados, como cabeças humanas. O Matterhorn, o Etna, o Fujiama, o Monte Hood — cada um dêsses constitui um retrato.

O desgaste pelo vento não pára nunca. O monte é desgastado de cima para baixo, até se tornar uma colina. Cada fragmento de rocha é lixado durante tanto tempo até se tornar redondo, jazendo os maiores nas depressões como crânios, os médios como pães e os menores como ovos e lentilhas. Quando Cristo se achava no deserto, o demônio aproximou-se dêle apontando para as pedras no chão e disse: "Faça com que estas pedras se transformem em pão", pois ali estavam — eram pães petrificados. Quando Cristo passou pelo campo amaldiçoado, onde um campônio recolhia pedrinhas do solo, perguntou-lhe o que semeava e recebeu a resposta mal-humorada: "Então não vês? São ervilhas", pois o vento de areia lixou as pedrinhas do campo dando-lhes a forma de ervilhas. A terra em que viveu Cristo é uma região polida pelo vento.

6) O produto do vento sêco: o deserto

Quando se lixa no tôrno, o chão cobre-se de areia de lixa. Quando o vento lá em cima dos montes lixa os cumes, a planície em baixo enche-se de areia, tornando-se deserto. Os desertos não são os fundos de mares ressecados, e sim serragem e poeira de lixa das montanhas moídas por ventos secos. A sua distribuição prova isso indubitàvelmente, pois ela se faz de acôrdo com as correntes de vento. Quando

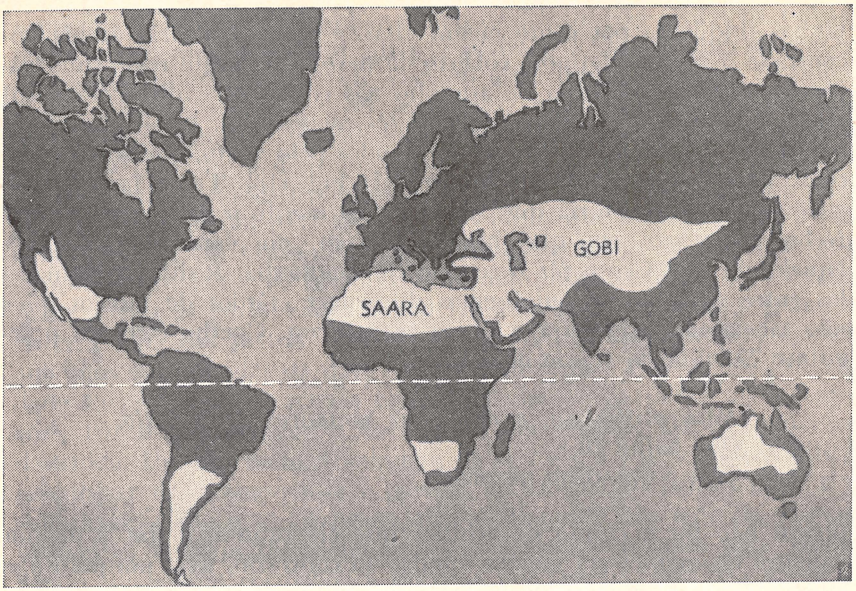


Fig. 116 — A CINTA DOS DESERTOS. Os desertos estendem-se como dois cintos ao norte e ao sul do Equador em volta do globo. Êles são o produto do ar das latitudes dos cavalos que desce sêco das alturas.

se olha um mapa-múndi fica-se chocado com a extensão dos desertos (Fig. 116). Como é pouco o espaço reservado ao homem neste planêta: $^3/_5$ são mar, e do que resta $^1/_4$ é deserto! Os desertos estendem-se em duas faixas paralelas ao Equador em tôrno do globo terrestre na altura das "latitudes dos cavalos", isto é, da zona onde o ar que subiu do Equador e ali despejou as chuvas desce sêco e onde portanto chove pouco, (Fig. 97).

Os desertos são cemitérios de montanhas esfareladas, mas não são pacíficos e sim agressivos. Se dos montes se pode dizer que as pedras só rolam para baixo, então vale dizer-se dos desertos que a areia só caminha para a frente. Os desertos apresentam tendência para se estender; retraírem-se constitui exceção. Por tôda parte, nos limites do antigo Império Romano encontram-se à beira dos desertos cidades soterradas. O deserto de Barchan, no inverno, avança 12 metros para o norte, no verão 18 m para o sul. Nos Estados centrais da América do Norte, durante os anos de sêca, a enchente de areia investe como a água contra as ilhas costeiras no Mar do Norte (Figs. 117-a, 117-b e 117-c). Mesmo assim, os sombrios presságios com que se alarma atualmente a consciência dos povos nos livros, cujos títulos dizem: "Desertos em Marcha" ou "A Terra Saqueada" não se realizarão. Não seremos enterrados pela areia. Será como diz a Bíblia:

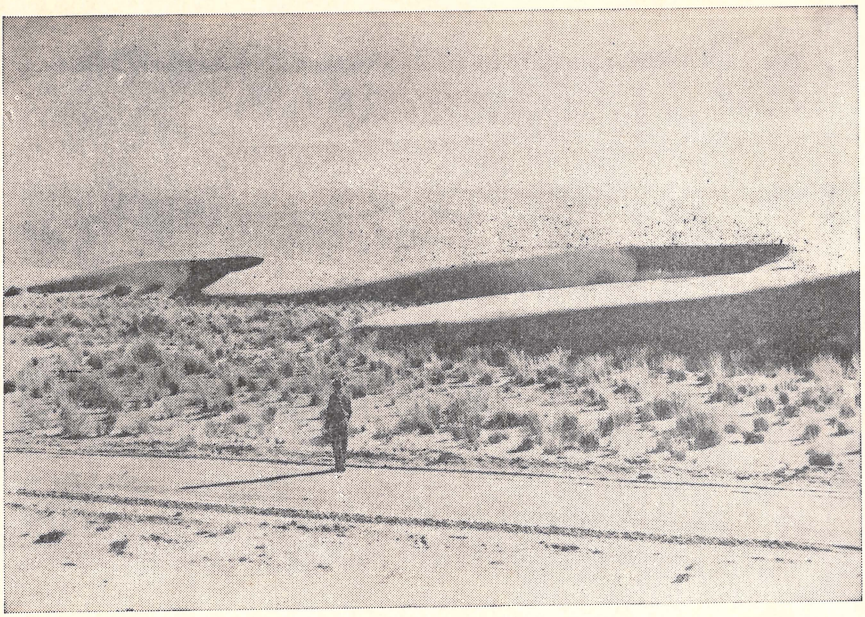


Fig. 117-a — DESERTOS EM MARCHA. A onda de areia avança sôbre a região.

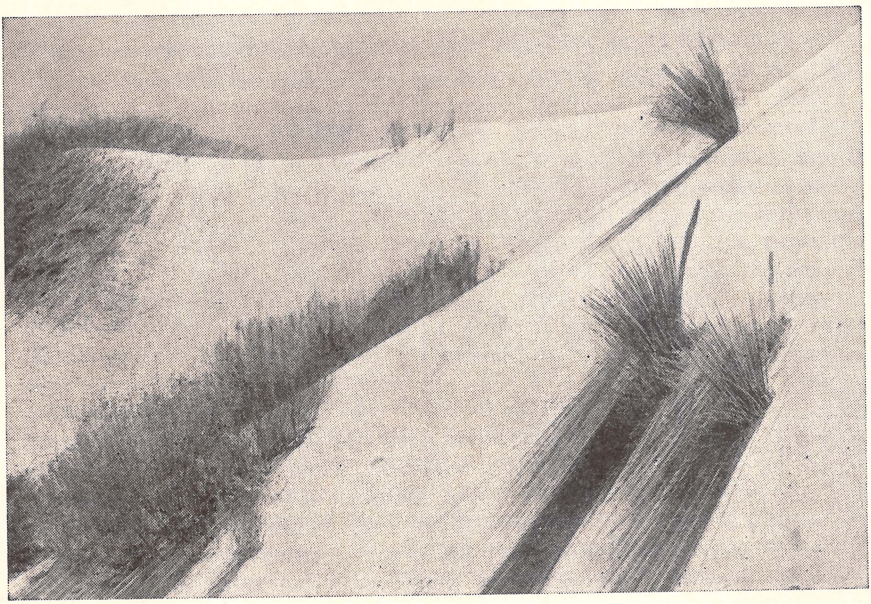


Fig. 117-b — AS PLANTAS SE AFOGAM.

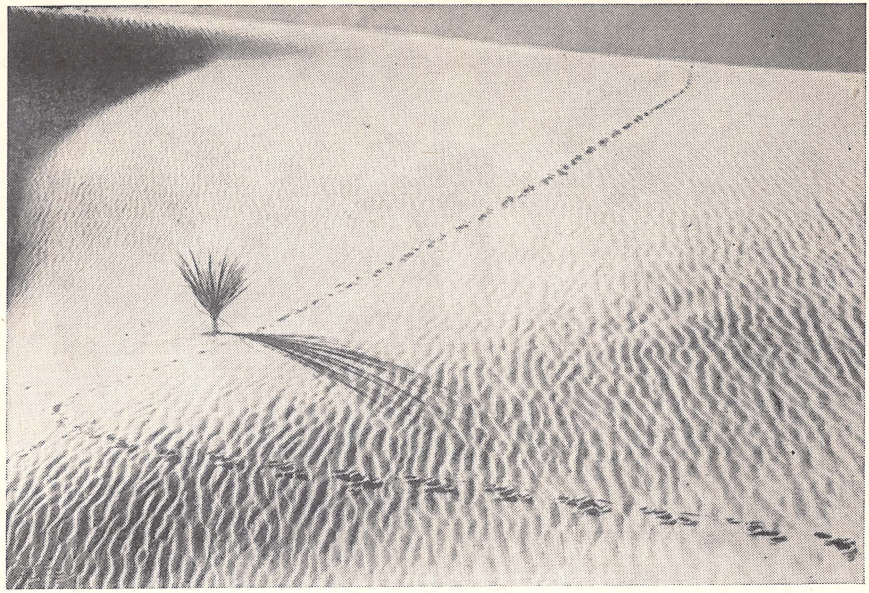


Fig. 117-c — O ÚLTIMO VESTÍGIO DE VIDA. Um chacal rasteja pelo "deserto" durante a noite.

7) "Uma geração vem e uma geração vai, mas a Terra dura eternamente"

Como começa a civilização? Os povos invadem uma região de "natureza" ainda virgem, plasmando-a conforme a sua vontade. "Josué falou às tribos de José, Efraim e Manassés: "As montanhas serão vossas, caminhai para cima onde está a floresta e cortai-a..." Assim se inicia em todo o mundo a "cultura" e, como primeira vítima, cai a mata. Depois, as águas que estão cheias de vida, são "reguladas" e então, em vez da "água viva", corre pelos canais uma filtração morta. Nessa terra "conquistada", mas perdida pela natureza, os arados produzem extensas feridas e nestas o homem de campo lança o veneno da semente. É veneno, porque a semente impede que no solo brote uma flora natural. O solo tem que produzir não para a natureza mas para o lavrador, que cuida atentamente para que nenhuma planta natural cresça aí e sim sòmente o trigo cultivado, e que nenhum animal viva em sua plantação e nenhum inseto indesejável se crie entre as fôlhas. "É minha a terra!" — exclama o homem. A fim de que essa fábrica de grãos dê o rendimento desejado, o solo é superalimentado, como o gado de engorda, com produtos químicos, vitaminas, hormônios. Pobre solo! O que as raízes extraem da terra, os carros de colheita levam, e com a energia, assim ganha, o "homem civilizado" constrói as cida-

Fig. 118-a — OS MORROS ESCALVADOS DA JUDÉIA.

des em que goza os "frutos de seu trabalho" sob a forma de casas, ruas, teatros, carros, aparelhos de rádio, banheiras e flores. E então a cidade que transformou a natureza em indústria torna-se uma aranha, cujas pernas são as estradas com que segura a terra como sua prêsa; os fios telegráficos e os trilhos do caminho de ferro são as teias que ela tece — e ai do animal da floresta que nelas se enreda! Êste é o caminho de tôda civilização: o homem fica rico, a terra pobre.

Desde cedo os povos reconheceram êsses perigos e todos os legisladores esclarecidos expediram preceitos que visam a poupar a terra. Recentemente, a "desnaturalização" do solo pela introdução da técnica moderna assumiu um ritmo arriscado. São incansáveis os arados mecanizados em traçarem um sulco após outro no solo, e é sem o suor dos lenhadores que as serras elétricas cortam os troncos, o dinamite arrebenta as raízes, garras gigantescas revolvem a terra com unhas de ferro. Comboios de trens de ferro conduzem o veneno do solo — o adubo. Não por comiseração com a natureza, mas pela preocupação com os netos, surgiu o mêdo ao fantasma da "terra saqueada". "A erosão e a luta contra a erosão" tornaram-se uma ciência e todos os Estados modernos mantêm um ministério especial para o estudo da cultura do solo e reflorestamento. Uma grande obra de esclarecimento está em andamento. Ensina-se ao lavrador a não arar mais impensadamente em linha reta e sim a fazer os sulcos atravessados à direção do vento, adaptando-os nas colinas ao perfil da paisagem, de modo que a água das chuvas não se escoe com a terra e sim possa deter-se entre as curvas. A velha

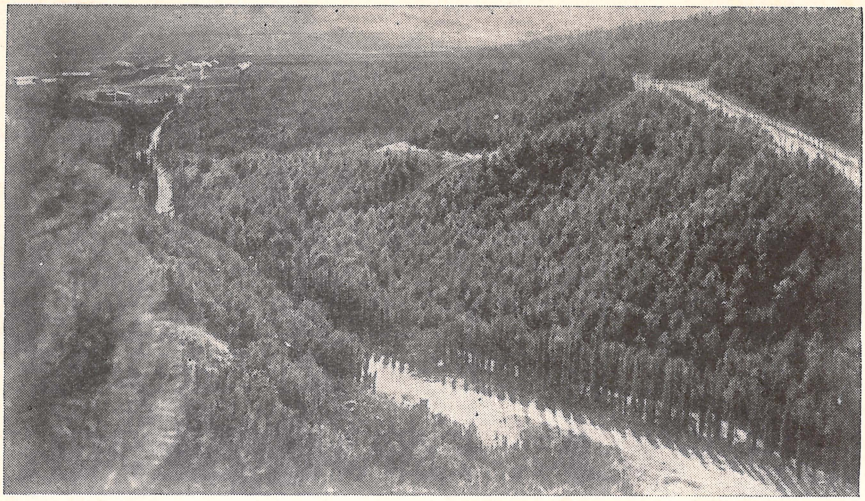


Fig. 118-b — AS ALTITUDES REFLORESTADAS DA GALILÉIA.

arte da cultura em terraços é novamente praticada. Lugares que correm perigo são protegidos por meio de plantas duradouras e ricas de raízes para não escorregarem; e explica-se ao lavrador que as sebes entre os campos não são desperdícios e sim valiosa proteção contra o vento. Através da Rússia central plantam-se faixas largas de florestas que detêm com as suas raízes a terra e com as suas copas a areia movediça, que vinda dos grandes desertos penetra na região cultivada, um baluarte da agricultura contra a invasão dos bárbaros. Na América do Norte aeroplanos voam sôbre os desertos, semeando cápsulas que contêm a semente de um capim duro metido em estêrco úmido, de modo que a tenra planta é provida de alimento e umidade até que lance suas raízes para debaixo da terra. O homem do século XX que vê através das camadas geológicas como se fôssem de vidro, extrai água a 100 m de profundidade, faz surgir de fórmulas químicas como por magia os hormônios e envia pássaros de aço sôbre o deserto para espalhar pílulas de fertilidade; que se propõe a criar lagos no Saara e a mandar chuvas do céu e recentemente extrai a água do mar para lhe filtrar os sais, de modo a poder conduzi-la em quantidades a êle convenientes para regiões áridas — êsse homem não verá tranqüilamente a sua cultura fenecer na terra desértica. A promessa otimista do profeta se fará realidade: "Verás que transformarei os desertos de novo em jardins, e onde há cardos verdejarão as videiras e onde à noite uivam os chacais, os ceifeiros cantarão suas canções de colheita" (Figs. 118-a e 118-b). A terra se tornará novamente aquilo que lhe chamam hoje, com sentimentalismo fingido, enquanto a maltratam como escrava e a saqueiam de todos os modos: "Terra Mater".

Quarta Parte

A VIDA

O que se louvou como mistério da natureza
Ousamos experimentar com inteligência,
E o que ela permitiu organizar além disso
Deixaremos cristalizar.

(Goethe)

Capítulo XXI

DO ELÉCTRON ATÉ A MOLÉCULA

1) Por que se combinam átomos?

Os átomos são sistemas solares em que eléctrons circulam sôbre 7 camadas em tôrno do núcleo atômico. Sôbre a camada mais interna podem girar 2 eléctrons, sôbre a seguinte 8 e na mais externa 18. Do número e distribuição dos eléctrons depende a estabilidade do átomo em relação ao mundo exterior; a estabilidade completa é atingida quando a camada externa está lotada de eléctrons. Nestas condições o átomo está tão estável e fechado dentro de si mesmo que não pode ser atacado, é então um "gás nobre", assim denominado porque se fecha nobremente dentro de si mesmo contra todos os fenômenos do mundo exterior (veja Fig. 11).

Cada átomo procura encher a sua camada externa com eléctrons e tornar-se um gás nobre. Como não o consegue por si mesmo, procura outros átomos e assim originam-se as combinações químicas. Êsse impulso dos átomos de encher a sua camada externa de eléctrons e alcançar o estado ideal de gases nobres constitui a razão da intranqüilidade dos átomos, e esta intranqüilidade dos átomos, o impulso inerente para se integrarem, enchendo a camada electrônica, é, em última análise, a tendência para a ordem que observamos no universo.

2) Pela combinação dos átomos criam-se as moléculas

Pela tendência dos átomos de preencher as falhas de sua camada externa com eléctrons nasce a combinação química de átomos, a partícula de massa ou molécula.

Na Fig. 119 está ilustrado o processo de uma combinação química. O cloro, o 17.º elemento do sistema periódico, é um átomo em que 17 eléctrons contornam o núcleo. À camada número três externa falta 1 eléctron para o enchimento simétrico. O átomo em que justamente êsse eléctron gira sòzinho, na terceira camada, instável e desejoso de aderir a outro é o sódio. Em conseqüência combinam-se o cloro e o sódio, formando o cloreto de sódio ou sal de cozinha.

Das várias dúzias de espécies de átomos que na pré-história formavam presumìvelmente uma mistura, os mais pesados sedimentaram-se, solidificando-se em terras e minerais. Os 8 primeiros e mais leves estão ainda em movimento e realizam sob a forma dos "quatro elementos"

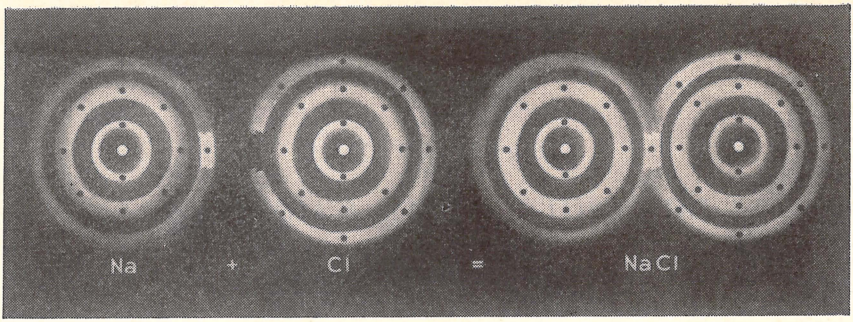


Fig. 119 — POR QUE SE COMBINAM OS ÁTOMOS TORNANDO-SE MOLÉCULAS? Os átomos se combinam para se tornarem moléculas, a fim de preencher os vácuos em sua camada electrônica externa. O sódio Na com 1 eléctron na terceira camada (em vez de 8) combina-se com cloro Cl, porque falta a êste 1 eléctron na terceira camada (7 em vez de 8). Forma-se o cloreto de sódio ou sal de cozinha.

dos antigos — fogo, água, ar e terra no seu anseio de completar as suas camadas electrônicas externas, aquilo que denominamos "a vida na superfície do planêta".

Dêsses, o hélio é um gás nobre e não participa. Dos outros, o lítio, o berílio e o boro são raros, porque quase foram esgotados na formação do hélio nas estrêlas (veja Fig. 46). É assim que a maioria dos processos se verifica entre os 4 átomos: carbônio C, oxigênio O, hidrogênio H e nitrogênio N (Fig. 120).

Na Fig. 121 observa-se porque e como se combinam. Ao oxigênio O faltam 2 eléctrons; portanto aderem a êle 2 átomos H e origina-se

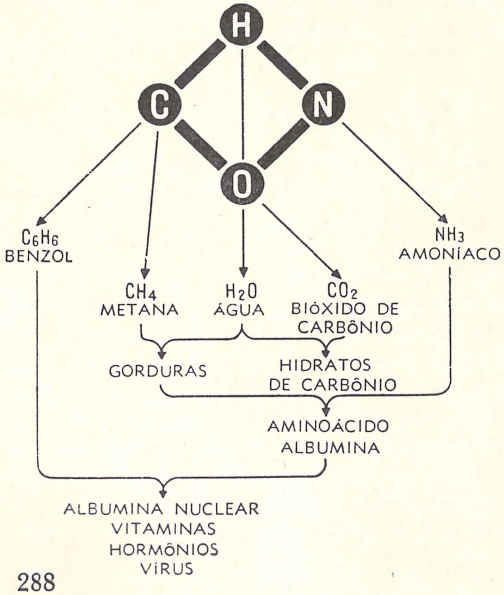


Fig. 120 — O CÍRCULO DA VIDA. Dos 4 elementos: carbônio, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio (C, O, H, N) formam-se as quatro combinações fundamentais: água, ácido carbônico, metano e amoníaco, assim como o ciclo do benzol. Pela combinação dêstes formam-se os 3 grupos químicos dos organismos vivos, os hidratos de carbônio (açúcar e amido), as gorduras e substâncias albuminóides. Pela combinação destas formam-se as moléculas específicas do protoplasma: albumina nuclear, fermentos, vitaminas e hormônios.

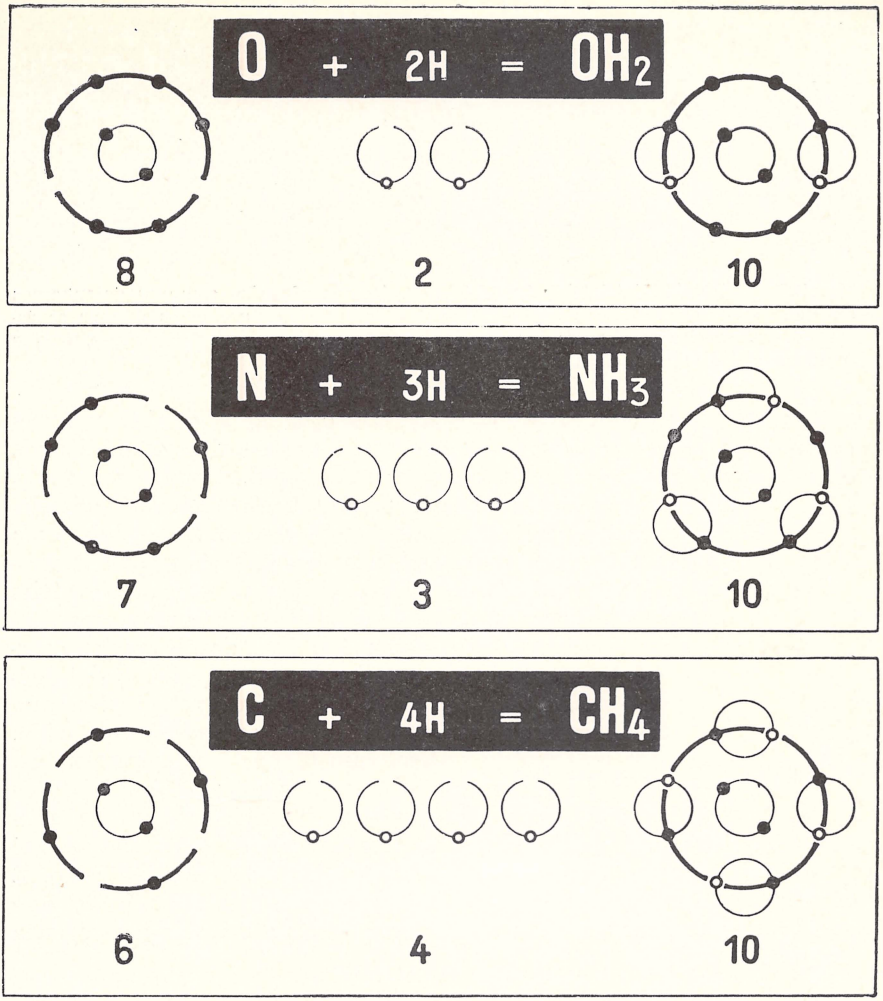


Fig. 121 — "TODOS OS ÁTOMOS QUEREM TORNAR-SE GASES NOBRES", isto é, todos os átomos anseiam por ter na sua camada externa 8 eléctrons ou, em átomos maiores, 18. Por isso os átomos preenchem os seus vazios externos com o menor e mais difundido de todos os átomos, que é o hidrogênio, e originam-se as combinações básicas da natureza terrena: H_2O água, NH_3 amoníaco, CH_4 metano.

H_2O, a água. Ao nitrogênio N faltam 3 eléctrons; por isso êle precisa 3 átomos H e resulta NH_3, o amoníaco. Ao carbônio C faltam 4 eléctrons e por isso aderem-lhe 4 átomos H: CH_4 Metano. O carbônio e o oxigênio, porém, combinam-se para formar CO_2 dióxido de carbônio, denominado comumente ácido carbônico. Êstes quatro compostos aos quais se junta também o ciclo benzênico, C_6H_6 reúnem-se nas combinações mais variadas possíveis, constroem assim as mais com-

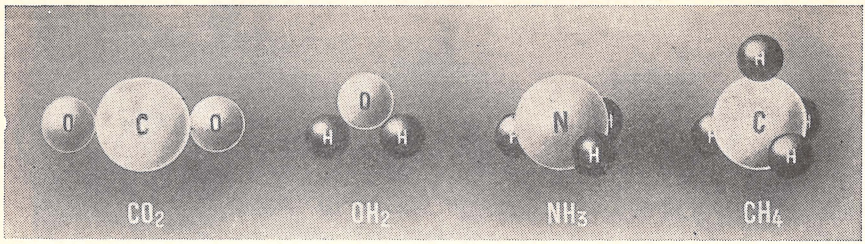


Fig. 122 – MOLÉCULAS SÃO CORPOS. Os átomos não são, como os desenhamos habitualmente, círculos, mas formações corpóreas, esferas. Quando os átomos se associam nas moléculas, êles se agrupam em planos e ângulos determinados, o que se torna visível nos cristais.

plexas combinações. Do ácido carbônico e a água originam-se nas plantas os hidratos de carbônio: açúcar, amidos e celulose; de água e metano as gorduras; de ácidos graxos e amoníaco as albuminas e destas em união com compostos de benzeno a combinação química mais elevada que existe no mundo e que se acumula nos núcleos celulares: a albumina nuclear (Veja Fig. 120). Todos êsses nomes são conceitos coletivos ou gerais como "madeira" ou "tecido". Existem dezenas de espécies de açúcar, centenas de amidos, centenas de milhares de albuminas.

Um dos grandes milagres da natureza é o fato de ela poder construir com meia dúzia de compostos simples, com *uma* só fôrça (eletricidade), e segundo leis *simples,* o número infinito de substâncias complexas, realizando dessa maneira o jôgo muito complicado da vida. A vida assemelha-se ao jôgo de xadrez: com 6 tipos de figuras joga-se, no tabuleiro quadriculado, seguindo regras tão simples que uma criança as domina em 5 minutos, um jôgo que permite milhões de diferentes combinações, desde o simples "tomar figuras" das crianças até às partidas mestras, onde se luta durante dias a fio por um peão. É tão simples que uma criança o compreende e tão complicado que provàvelmente nem um deus o decifraria — eis a essência heterogênea da vida.

3) Moléculas combinam-se, surgindo os cristais

As moléculas são maiores do que os átomos. Mas ainda assim são inconcebìvelmente pequenas e numerosas. Lorde Kelvin conseguiu ilustrá-las com bela comparação: se pudéssemos marcar as moléculas contidas dentro de um copo de água — êle não imaginara quão breve isso seria possível por meio de isótopos radioativos — e se distribuíssemos êsse copo de água por todos os mares, então em cada copo que se retirasse do mar em qualquer parte do mundo, poder-se-iam descobrir algumas centenas dessas mesmas moléculas.

Os átomos não são círculos, como nós costumamos desenhá-los, e sim formações especiais como esferas, e por conseguinte agrupam-se na composição de moléculas nas 3 dimensões do espaço (Fig. 122).

Se dermos espaço e tranqüilidade aos átomos para que se agrupem, êles se colocam, dirigidos pelas fôrças elétricas, em intervalos e ordens determinados para cada espécie, originando-se formações quando há número suficiente de átomos, cuja ordem já se pode observar a ôlho nu e que se denominam cristais.

Os movimentos no mundo dos átomos dão-se de acôrdo com o princípio do salto quântico. O salto quântico é um movimento que só se produz como resultado da ação de determinado "quantum" de energia, mas originando então freqüentemente conseqüências que não se comparam de maneira alguma com aquêle pequeno "quantum" de energia necessário para produzir o próprio salto quântico.

Exemplos de "movimentos quânticos" na vida cotidiana: a espingarda só atira quando o gatilho é puxado além de determinado ponto. Se isso acontece, verifica-se um tiro, cuja energia é mil vêzes maior do que aquela que acionou o gatilho. O pequeno toque no interruptor elétrico põe em movimento um grande motor. Basta pequena pancada e um grande vaso de cristal arrebenta em pedaços.

Tais são os quanta que estimulam nos átomos os eléctrons a realizar os seus saltos e êsses saltos fazem com que os átomos se coordenem formando cristais. Fenômenos quânticos são acontecimentos que obedecem ao seguinte princípio: imediatamente ou nunca, tudo ou nada. O vidro resiste ou quebra. Cai-se do trampolim ou fica-se no alto.

A formação do cristal constitui um fenômeno de massa, o que também é típico dos processos quânticos. Costumamos dizer: o átomo Na combina-se com 1 átomo Cl, mas na natureza isto não existe como norma. Trilhões de átomos movem-se desordenadamente num gás ou numa solução. Basta um salto quântico e tôda essa massa explode ou se cristaliza, assim como quando a primeira pedra do dominó vacila, caem tôdas as pedras na mesma direção. Verifica-se uma reação em cadeia. O primeiro átomo de sódio atrai das 3 direções do espaço simètricamente 6 átomos de cloro, êstes atraem das 3 direções do espaço cada um simètricamente 6 átomos de sódio e assim a êles se agrupam, seja qual fôr o seu número (Fig. 123).

Como os átomos obedecem a uma lei, resulta a "ordem". Percebemos a ordem como harmonia e a harmonia comò beleza. A beleza na natureza não é criação para fazer os homens felizes. Ela nos torna felizes porque é a expressão da ordem que se tornou tranqüilamente estável. Os átomos não conhecem paz enquanto não se ordenam, êles não têm mesmo, de acôrdo com os princípios da mecânica quântica, nenhuma outra possibilidade além daquela de se dirigirem a determinados pontos com exatidão matemática. Se retirarmos de uma caixa 64 bolas de pingue-pongue ali acondicionadas, e em seguida as jogarmos dentro da mesma a êsmo, sacudindo a caixa, veremos que essas bolas acabarão seguindo para os seus antigos lugares, ordenadamente. A posição final representa a ordem e a ordem é beleza. Um operário cobre a calçada interna que dá para a casa com pequenas pedras qua-

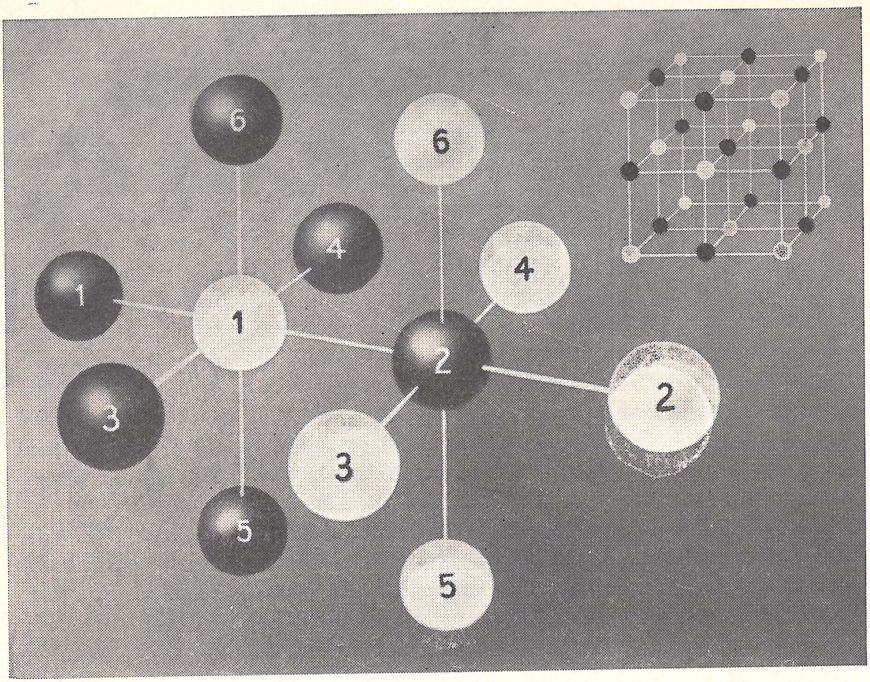


Fig. 123 — A FORMAÇÃO DO CRISTAL DEMONSTRADA NO SAL DE COZINHA. Os cristais resultam do agrupamento de átomos em disposições regulares. Na formação do cristal do sal de cozinha cada átomo de sódio se rodeia simètricamente, nas 3 direções do espaço, com 6 átomos de cloro, e cada átomo de cloro se rodeia por sua vez de 6 átomos de sódio. Assim se apresentam automàticamente a simetria e a "estética".

dradas. Êle não está preocupado com arte: simplesmente coloca uma pedra ao lado da outra. Quando êle se ergue e olha, nota que há um desenho de rosetas. Não as quis, mas criou-as como a natureza. A natureza não quer nenhuma beleza, entretanto ela a cria. Por isso a questão sôbre a finalidade da estética não tem sentido. Os corais são bonitos. Êles crescem debaixo da água e ninguém os vê. A estrêla-do-mar que também é bonita e que se arrasta por cima dêles não pode admirá-los. Nem o peixe. Êles existiram cem milhões de anos antes dos peixes e mil milhões de anos antes do aparecimento do homem, que os levou para casa encantado. Durante o crescimento ficaram belos, porque crescimento é acréscimo de átomos e os átomos se agrupam nos tecidos em formação, de acôrdo com determinadas leis. A beleza surge na natureza independentemente de sentido e exibição como ordem objetivada das coisas no espaço e no tempo, segundo o princípio da menor resistência. A inquietação reina até o ponto em que se cria a ordem, e o caos reina até que se cria o cosmos (Fig. 124).

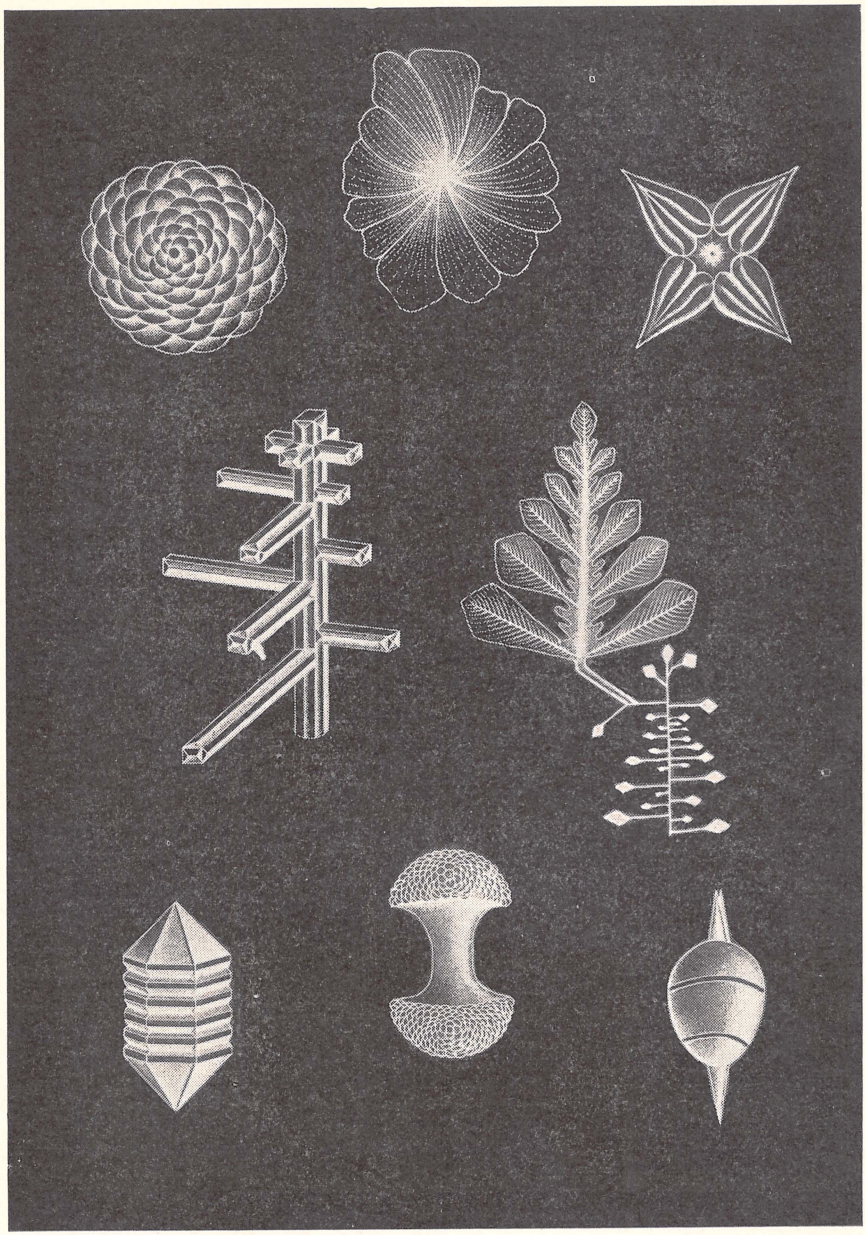


Fig. 124 — CRISTAIS. Do grande número de cristais foram escolhidos aqui exemplos tais que nos possam demonstrar que as formações orgânicas que surgem nas plantas como fôlhas, brotos, ramos e cápsulas frutíferas, etc. devem a sua forma às mesmas fôrças entre átomos e moléculas que na natureza morta produzem cristais.

Capítulo XXII

DA MOLÉCULA DO CARBÔNIO ATÉ O MOSAICO DA ALBUMINA

1) Por que o mundo da vida é um mundo do carbônio?

O sexto átomo do sistema periódico é o carbônio. Dos seus 6 eléctrons 2 giram na camada interna e 4 na externa (Fig. 125). Cada átomo tende a preencher sua camada com o maior número de eléctrons, que no caso são 8, a fim de se tornar um gás nobre. Para conseguir isso, os átomos se juntam, formando-se assim do átomo carbônio a molécula do carbônio.

Na combinação dos átomos verificam-se processos característicos. Os eléctrons corporificam cargas negativas; cargas idênticas repelem-se. Se dois átomos se combinam, os eléctrons, devido a essa repulsão, tomam distâncias e intervalos determinados. Na junção de dois átomos do carbônio, os eléctrons dirigem-se para as 3 posições que se vêem na Fig. 125, na margem esquerda. Conforme o agrupamento, ficam livres 3 ou 2 ou 1 eléctron para se combinarem a outros átomos. O número das combinações possíveis denomina-se valência, dizendo-se que o carbônio é trivalente, bivalente e monovalente. O átomo do carbônio trivalente pode receber 3 átomos estranhos, o bivalente 2 e o monovalente 1. Pela combinação com o hidrogênio criam-se por conseqüência 3 diferentes moléculas: a etana, o etileno e o acetileno.

Não se deve passar os olhos superficialmente sôbre a Fig. 125; embora não seja atraente, cumpre estudá-la. Ela nos revela um segrêdo sôbre o qual as melhores cabeças dos tempos antigos se consumiram: por que o mundo dos sêres vivos é um mundo de combinações de carbônio? Por que a criatura precisa como alimento justamente das combinações de carbônio? Nós, filhos da "época electrônica", sabemos porque o átomo C mantém 4 eléctrons na camada externa, um número par, simétrico e contudo insuficiente, pois necessita de 8 eléctrons para se estabilizar como gás nobre. Como $4 + 4$ são 8, os átomos de carbônio encadeiam-se e assim se originam as reações em cadeia características do carbônio. Como os eléctrons podem mover-se para 3 posições diversas, juntam-se outras cadeias em posições e números diferentes, e resulta então a multiplicidade, única no gênero, das combinações do carbônio. Estas são lábeis, o que constitui outra vantagem e assim chegam àquela mudança rápida das combinações que se designa por metabolismo. O ser vivo recebe como alimento combinações de carbônio, porque estas se juntam fàcilmente às outras, e se desprendem com a mesma rapidez, de sorte que o processo da "combustão" se realiza numa temperatura tão baixa quanto é a do sangue. A saturação incompleta, mas simétrica da camada electrônica externa por

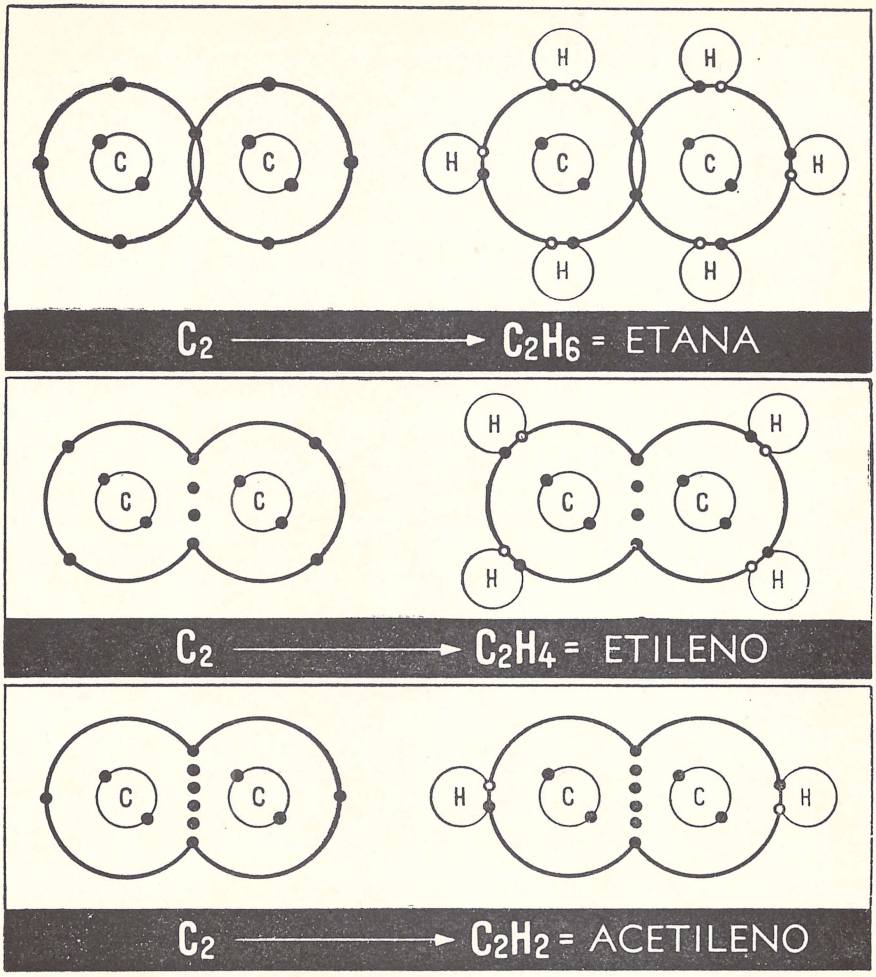


Fig. 125 — OS PRIMEIROS DOIS MOTIVOS PARA A PREPONDERÂNCIA DO CARBÔNIO COMO CRIADOR DE COMBINAÇÕES. 1. Os átomos do carbônio trazem 4 eléctrons na sua camada exterior, onde cabem 8 eléctrons. Como $4+4=8$, os átomos do carbônio se associam entre si. 2. Em conseqüência do número propício 4, os eléctrons no encontro de 2 átomos de carbônio podem agrupar-se em 3 ordens diferentes, sem violar as regras da simetria, de modo que haja 3 C_2 diferentes. Designa-se êsse aparecimento de 3 moléculas de carbônio C_2 como "trivalência".

4 eléctrons, o preenchimento natural das 4 falhas, por meio de um segundo átomo de carbônio, a possibilidade tríplice dos eléctrons de nessa ocasião se agruparem, a natureza lábil da combinação e conseqüente facilidade de se desprender fácil e ràpidamente — estas são as virtudes especiais que tornaram o átomo do carbônio o "rei" de todos os átomos, o fundador do grande reino "vida".

2) A natureza cria as cadeias naturais do carbônio desde o petróleo até a celulose

Os átomos de carbônio não só se encadeiam dois a dois, como também se juntam a êles um terceiro, um quarto e um vigésimo átomo, resultando então as cadeias características do carbônio (Fig. 126). Quanto mais longa a cadeia, mais pesada a molécula. O metano (1 elo) é o gás dos pântanos volátil, o etano (2 elos) é a substância do éter; as cadeias com 5 a 7 elos são as benzinas; as de 10 elos o petróleo, com 15 a parafina meio-líquida, com 25 os óleos de lubrificação, as que passam de 30 são os breus. Denominam-se essas cadeias por serem constituídas de hidrogênio e de carbônio, os hidrocarbonetos. O imenso lugar que ocupam na vida moderna é demonstrado pelo automóvel, pois com os hidrocarbonetos leves impulsionamo-lo, com os médios o lubrificamos e o pesado serve para asfaltar a rua em que corre.

Se quebrarmos a cadeia, a energia que prende os grupos atômicos liberta-se. Êste é o sentido da "combustão". Queimar significa desintegrar um grande átomo, adicionando-lhe oxigênio, pois o oxigênio é tão impetuoso, hoje podemos dizer, tão faminto de eléctrons que êle arranca os átomos carbônio e hidrogênio, com os quais se quer combinar, das cadeias, rompendo assim a estrutura. A energia que assim se liberta é o produto da combustão, que assim se chama porque a energia libertada surge como calor.

Para se romperem hidrocarbonetos é necessário uma quantidade considerável de energia, pois essas primeiras e mais simples cadeias são resistentes. A fim de fazer explodir o gás dos pântanos, o metano, é preciso uma chama aberta, por isso os mineiros trabalham com lanternas. Para se acender a benzina, é preciso uma faísca. Por isso instalou-se dentro do automóvel um acendedor que produz faíscas. O homem não pode alimentar-se de benzina como o automóvel, nem de velas de parafina. A sua temperatura corporal de 40° não é suficiente para provocar a explosão de hidrocarbonetos. Êle tem que ingerir combinações que já contêm átomos de oxigênio e com isso se tornaram macios, ou como diz o químico, oxidados. Quando uma combinação além de C e H ainda recebe O, ela forma o grupo OH característico para a água (Hydor) e denomina-se hidrato. Dos hidrocarbonetos que só contêm C e H resultam os hidratos de carbônio de C, H e OH. Se compararmos as Figs. 126 e 127, reconhecemos que os hidratos

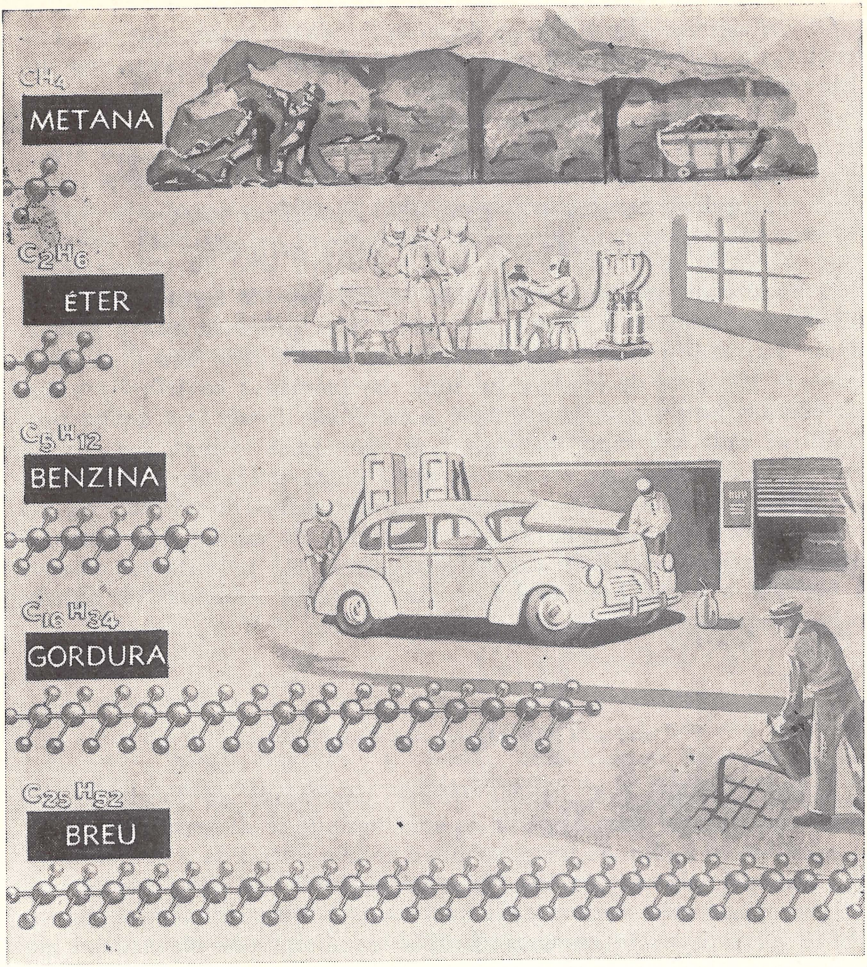


Fig. 126 — O TERCEIRO MOTIVO PARA A PREPONDERÂNCIA DO CARBÔNIO COMO CRIADOR DE COMBINAÇÕES. A combinação de moléculas de carbônio pode repetir-se à vontade. Assim criam-se combinações em cadeia que, aumentando de comprimento, tornam-se cada vez mais pesadas. Metano — um gás, éter — volátil, benzina — fluido, gordura — viscoso, breu — tenaz.

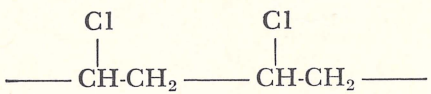
de carbônio são de estrutura muito mais aérea do que as cadeias dos hidrocarbonetos. Açúcar, amido, celulose são hidratos de carbônio em escala ascendente de tamanho. Os pequenos, os açúcares, são fáceis de desintegrar ou, o que é o mesmo, de digerir; os médios, isto é, os amidos, são de facilidade mediana e os grandes, as celuloses, são difíceis. É fácil de gravar:

As máquinas alimentam-se de hidrocarbonetos, que são moléculas de carbônio e hidrogênio (benzina, petróleo, óleos pesados).

Os organismos alimentam-se de *hidratos* de carbônio, que são moléculas de carbônio, hidrogênio e o hidrato OH (açúcar, amido, celulose).

3) O homem cria cadeias de carbônio artificiais, e daí resultam os produtos sintéticos, desde o celulóide até a borracha artificial

O homem aproveitou a tendência do carbônio de formar cadeias, e criou cadeias que não existem na natureza. A primeira cadeia de carbônio artificial que se revelou substância de utilidade tem quase exatamente 100 anos de idade e foi uma das primeiras contribuições dos americanos no terreno da química: o celulóide. Desde êsse tempo progrediu-se cada vez mais até chegar às numerosas resinas, que têm a aparência da tartaruga ou âmbar, aos tecidos artificiais para roupas de baixo e vestidos, que substituem os produtos do algodoeiro, do carneiro, do bicho-da-sêda, as penas, a crina de cavalo e o couro, e para a confecção artificial de matérias-primas tão importantes quanto a benzina e o caucho. Essas matérias são tôdas formadas de acôrdo com o esquema da cadeia de clorido vinílico.



O clorido vinílico é a matéria colante empregada na fabricação de vidro inquebrável para impedir os estilhaços de se dispersarem. Acima se apresentam 2 elos. Se imaginarmos a cadeia estendida a 300 elos, então ela sairia da margem do livro até a janela. Se imaginarmos êste volume diminuído ao ponto de parecer um cordelzinho colocado no ponto dêste i, então teremos chegado às dimensões moleculares da matéria artificial.

O caucho artificial tem como elo o grupo isopreno, um dos elos da cadeia mais importante da natureza, pois é a parte central não só do caucho como também do pigmento das flores, do verde das fôlhas e vermelho do sangue, da púrpura retiniana do ôlho, do amarelo da cenoura ou caroteno, da vitamina A.

Uma cadeia que até agora só foi produzida pela natureza, mas que com certeza será fabricada pelo homem — é o açúcar $C_6H_{12}O_6$. As moléculas do açúcar juntam-se de 2 em 2 formando o ciclo duplo da celobiose; uma cadeia de 300 dêsses ciclos duplos constitui a unidade para os "hidratos de carbônio superiores", os amidos vegetais, os amidos animais (glicogênio) e as celuloses. Estas não são como se imaginou anteriormente, cadeias, mas antes devem ser designadas como cristais

ou mosaicos. Na Fig. 127 está um modêlo básico de amido vegetal contraposto ao de amido animal, muito simplificado, pois os hexágonos simbolizam moléculas de açúcar e as linhas entre elas estão preenchidas por séries inteiras de moléculas. Assim como um grão de sal não constitui uma molécula de cloreto de sódio e sim grande quantidade de belos cristais, assim a unidade "amido" não é uma simples molécula, mas sim 300 até 3.000 entretecidas como os desenhos de um tapête. Êsses tapêtes moleculares são comidos, quando ingerimos amido contido no pão, frutas e macarrão. Por meio da "digestão" desfazemos o tapête em seus desenhos e fios e com êsses elementos assim decompostos o fígado tece um novo tapête homogêneo de formato igual, de "pontes" que são as moléculas do glicogênio.

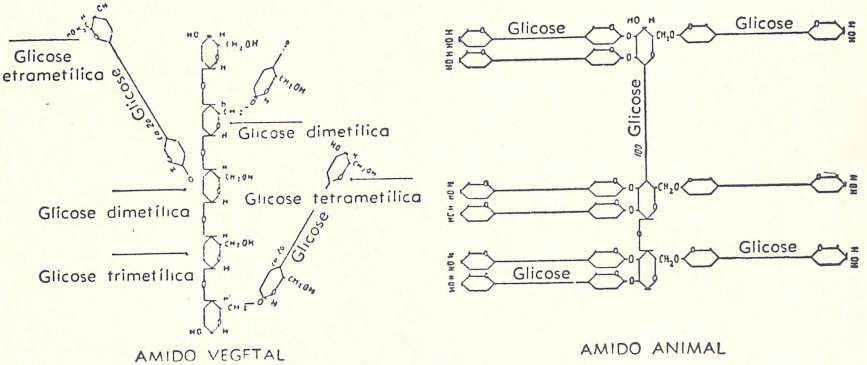


Fig. 127 — AMIDO VEGETAL E ANIMAL. Cada molécula de amido vegetal (à esquerda) é transformada em molécula de glicogênio (à direita) no corpo do animal. Dêsse modo as centenas de variedades de amidos que ingerimos com os alimentos são transformadas em uma forma homogênea própria para circular com o sangue.

Os resultados extraordinários e os esforços por êles mesmos contìnuamente estimulados da química sintética estão em vias de reformar a imagem de nossa civilização. O caminho atraente que leva à "libertação da natureza" desembocou numa estrada nova, larga e asfaltada onde as massas humanas se lançam para viajar pela vida de modo mais confortável e o mais barato possível. O padrão de vida das massas subiu muitíssimo, devido à química sintética. No guarda-roupa de uma senhora burguesa de hoje há mais "roupa de sêda" do que há 500 anos no baú da Princesa de Parma. Na mesinha de cabeceira da operária acha-se um "abajur de mármore" cuja pedra, cumpre dizer, não provém das marmoreiras de Carrara, mas sim foi prensada numa fábrica do Rio Moldávia. A jovem usa orgulhosamente sapatos de "couro de cobra" que jamais pertenceu a uma cobra, e ela retira de uma bôlsa de "lagarto" uma caixa de pó de arroz de "tartaruga" que jamais estêve no mar. Até mesmo os túmulos dos mortos são profanados com ramos sintéticos, de onde se exalam perfumes artificiais, de côres firmes e resistentes às intempéries, com "durabilidade garantida". É com

horror que nos ocorre a idéia de que um ramo dêsses pode ser anunciado algum dia como de durabilidade ilimitada, de sorte que poderá ser utilizado várias vêzes. É bela também a promessa dos que pretendem fazer feliz o mundo: O máximo de felicidade para o máximo de indivíduos, mas o lado perigoso disso é que o regresso dêsse progresso nos estraga o apetite como o cheiro da cozinha, ao jantar servido com música tão retumbante. Tôda imitação traz o estigma da ilusão. Apresentam-se coisas ao homem que são algo diferente do que pretendem ser, alimenta-se nêle a tentação de parecer mais do que é, facilita-se-lhe a obtenção de coisas, cujo valor no fundo consiste em serem difíceis de conquistar. O que é um Buda prensado em Sonneberg? Não seria melhor para o homem jamais possuir um dêles do que adquirir uma imitação? E não terá a sepultura no bosque, esquecida e coberta de erva, mais sentido e mais naturalidade do que uma outra numerada no cemitério, sôbre cuja cruz de madeira apodrecida pende um ramo de flores laqueadas? A química sintética está em vias de transformar nosso mundo em um museu de cêra. Quem não gozou êsse espetáculo macabro? Da rua ensolarada em que passeiam os vivos entra-se no gabinete de figuras de cêra de Mme. Thussaud, caminhando então entre essas figuras mortas, cujos olhos são de vidro e cujas barbas são feitas de crina de cavalo. Ali está a Rainha Vitória de vestido de sêda e cabelo repartido ao meio, embora já morta há muito tempo; o assassino, cuja alma há muito repousa em paz, com os olhos arregalados de terror e os cabelos em pé, ainda está sendo arrastado pelo verdugo para o cadafalso, onde se acha encostado um machado faiscante e sanguinário. Sentimo-nos aliviados quando saímos dali e vemos de novo a luz solar e a vida. Certa vez cheguei a uma fazenda. O filho do dono e a jovem espôsa achavam-se sentados orgulhosamente à sua mesa de lustroso tampo prêto. Com um gesto que fazia crer que êle mesmo fôsse o criador dêsse milagre, dizia-me: "Olhe, é inquebrável, à prova de fogo, de manchas e de riscos". É justamente o que nos estarrece: nenhuma mancha, nenhum risco possível, sempre novo! Nós envelhecemos, mas a mesa não. É natural que não, pois as suas moléculas estão colocadas em fila segundo o regulamento prático da química sintética, uma tábua de logaritmos, cujas cifras são átomos e nesta ordem estão condenados à eterna impassibilidade. Ao lado, porém, no outro lado da ampla sala, onde ainda crepitava alegremente uma fogueira matutina à antiga, encontrava-se o pai numa mesa de madeira, cujos cantos já estavam gastos, com nós escurecidos, fendas na madeira como na pele das pessoas que se achavam sentadas ali — era uma mesa viva! Vivera com as pessoas, foi jovem e envelheceu com elas, ia morrendo com elas. Essa madeira já fôra macia e verde, enchera-se de seiva na primavera, tivera sêde no verão e no outono gemera sacudida pelos ventos; as runas de seis anéis narravam a biografia de uma existência vivida. Essa mesa, dizia o pai, é a velha nogueira sôbre a qual eu trepava quando era menino. Êle a tinha cortado no casamento da irmã para fazer o berço de seu primeiro neto: era a história da

árvore que mais parecia um canto homérico, a epopéia da madeira. O *Nylon* pode ser mais agradável e mais barato de se usar do que a sêda, mas o fio de sêda viveu, foi uma fibra numa cápsula amarela, onde uma lagarta de país longínquo se aninhou para dormir nessa cama de sêda e acordar borboleta — que vida! Deitar-se verme num leito de sêda e acordar lepidóptero. O que é lã? Ela foi antigamente a roupa de um carneiro; a chuva cálida da Corrente do Gôlfo gotejou nela, os espinhos das sebes escocesas pentearam-na. E o granito? Uma chapa de granito tem 2.000 milhões de anos de idade, que tempo! 2.000 vêzes um milhão de anos. De cada fragmento rebrilha o fogo dos primórdios míticos. E que história fantástica nos conta uma pérola legítima (Ver Vol. II, Fig. 116).

Diante de mim está um pedaço de âmbar. Êle estêve nas dunas da costa do Mar Báltico, essa costa varrida por um vento fresco, de céu azul e verdes pinheirais, onde terra e mar se abraçam como um casal de deuses. De um pinheiro há 20 milhões de anos gotejou a resina e com o seu perfume atraiu uma môsca. Mas embriagada pelo éter adormeceu, afundou na camada amarela da resina, que assim se tornou um caixão de vidro. Agora está diante de mim o animalzinho embalsamado, para que eu veja cada patinha e cada detalhe de suas asas e assim, eu, o homem, após uma eternidade ainda assisto sentido ao pequeno drama e sempre e sempre o animalzinho conta a história maravilhosa da floresta de âmbar. Mas pode-se fazer passar diante de nós 20.000 metros de fita de âmbar artificial e não se encontrará uma môsca, mas apenas manchas. Os produtos artificiais são mudos. Êles não viveram e por isso são imortais, enquanto os outros viveram e por isso são providos de alma pela beleza dolente das coisas transitórias.

E enquanto não conseguires isto,
Êsse morrer e renascer
És apenas um hóspede sombrio
Na Terra escura.

4) Os átomos do carbônio formam o ciclo benzol, a substância-mater das combinações cíclicas desde a aspirina até a penicilina

Os antigos falavam de um gênio do lugar. Tal "gênio da região" parece pairar sôbre a cidadezinha de Bonn no declive das últimas colinas cobertas de videiras do Reno. Êsse gênio da história tocou 3 vêzes, em curtos intervalos, os telhados de um grupo de ruas sossegadas. Em uma delas nasceu Beethoven em 1770; foi ali que Heinrich Hertz demonstrou a existência das ondas elétricas pela primeira vez, e nesse mesmo local Kekulé von Stradonitz teve uma visão que, para a história da química, teve significação semelhante àquela de São Paulo para a cristandade. Naquela época os espíritos se preocupavam com o problema da constituição da fórmula C_6H_6. Estabeleceram-se teorias,

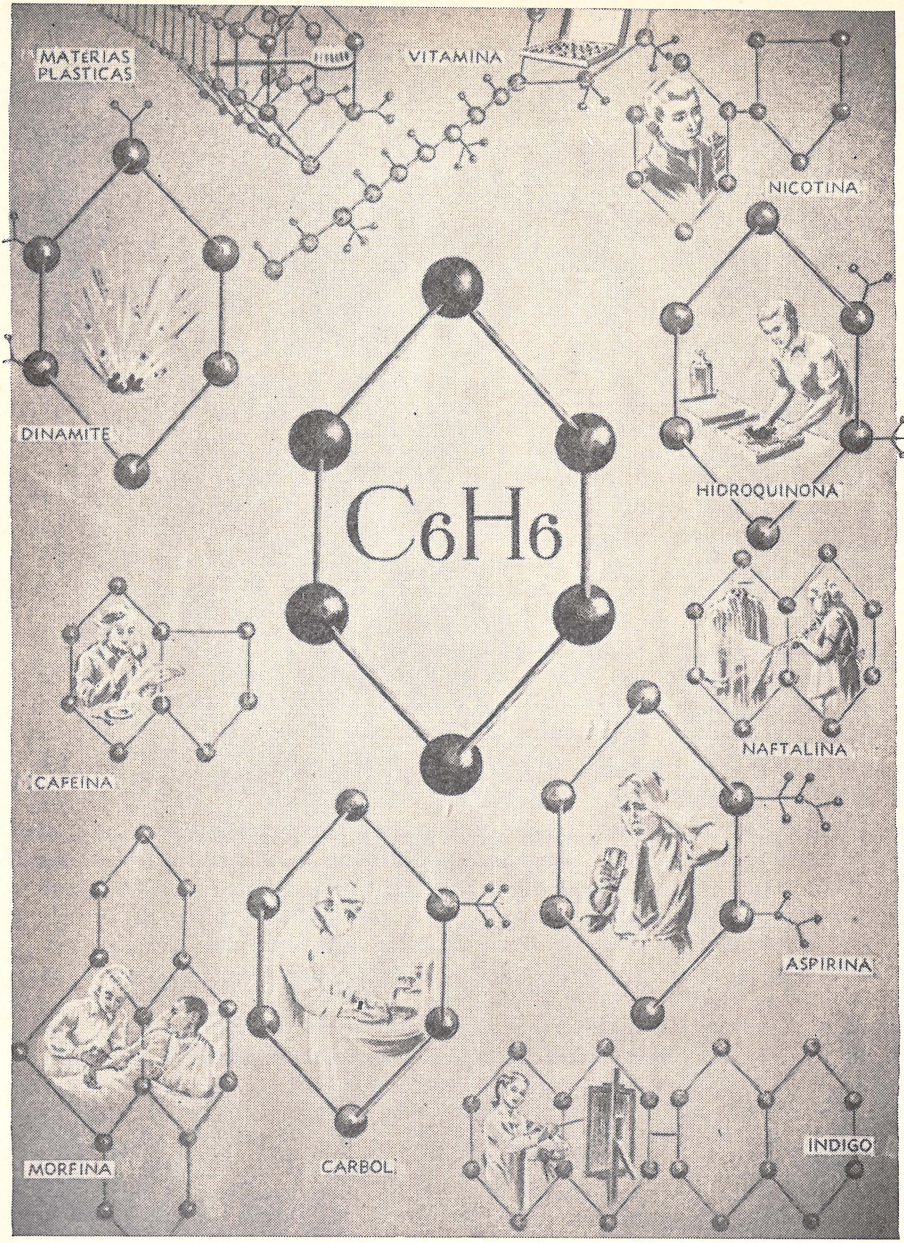


Fig. 128 — O QUARTO MOTIVO PARA A SUPERIORIDADE DO CARBÔNIO COMO CRIADOR DE COMBINAÇÕES. O carbônio C forma com o hidrogênio H não sòmente a combinação cruzada de CH_4 metano, mas também a combinação cíclica C_6H_6, o ciclo do benzol, que representa a estrutura de inúmeras combinações cíclicas.

mas nenhuma satisfez. Quando Kekulé saiu para passear êle viu a placa de uma estalagem com anéis entrelaçados (segundo outros, tê-la-ia visto em sonho) e então foi como uma revelação: C_6H_6 era um anel ou ciclo (Figs. 128 e 130). Com essa teoria do ciclo de benzol — no microscópio electrônico foram recentemente fotografados ciclos de benzol — começou o cortejo triunfal da "química orgânica".

Os princípios são tão simples que o seu estudo não é difícil, pelo contrário, dá prazer. Os nomes que assustam os leigos, aquelas palavras polissilábicas que se vêem nas etiquêtas dos medicamentos, como Dimetil-amino-fenil-dimetil-pirazolon para Piramidon são para aquêle que se esforçou em estudar o significado das duas dezenas de palavras fundamentais que se repetem sempre, muito fáceis, pois até hoje constituem o melhor sistema de nomenclatura que possuímos. Seria apenas desejável que se introduzisse em tôdas as ciências terminologia idêntica, e não sòmente na ciência como também na vida. Batizado segundo êsse sistema, nenhum homem usaria os nomes arbitrários de hoje, inspirados nos tempos gregos, romanos, bíblicos e germânicos. Assim poderíamos saber, através do nome de cada um quem é a pessoa

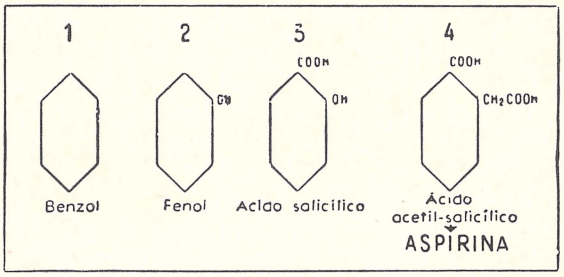


Fig. 129 — A QUÍMICA ORGÂNICA É SIMPLES. Todos os que tenham conhecimento das simples regras fundamentais podem acompanhar sem esfôrço as construções da química orgânica. É mais um jôgo do que esfôrço.

que temos diante de nós: um negro não se chamaria jamais Mr. White (branco) e nenhum branco Mr. Schwartz (prêto), e nenhum fabricante de automóveis se apresentaria como o Diretor Bauer (camponês). Com uma denominação semelhante, saberíamos a localização de cada cidade, da montanha, a sua extensão e altitude e nos aparelhos de rádio verificaríamos pelo nome a que categoria pertencem, enquanto atualmente nos vendem máquinas de aço e verniz com o cartão de visita de uma deusa grega.

Contentamo-nos com um exemplo simples, a fim de conhecer a essência de uma "síntese" (Fig. 129).

Se ao ciclo de benzol (1) se reúne o grupo da água OH resulta o hidrato de benzol ou fenol (2), a substância-mater do carbol. Se ao fenol se junta o grupo característico dos ácidos COOH, resulta o ácido fenólico que, devido ao fato de ser encontrado na madeira do salgueiro, se denomina ácido do salgueiro ou ácido salicílico (3). Juntando-se a êste uma molécula de ácido acético CH_2COOH resulta o ácido acético-salicílico, denominado aspirina segundo a planta dos brejos, Spiraea, que contém grande quantidade dêsse ácido.

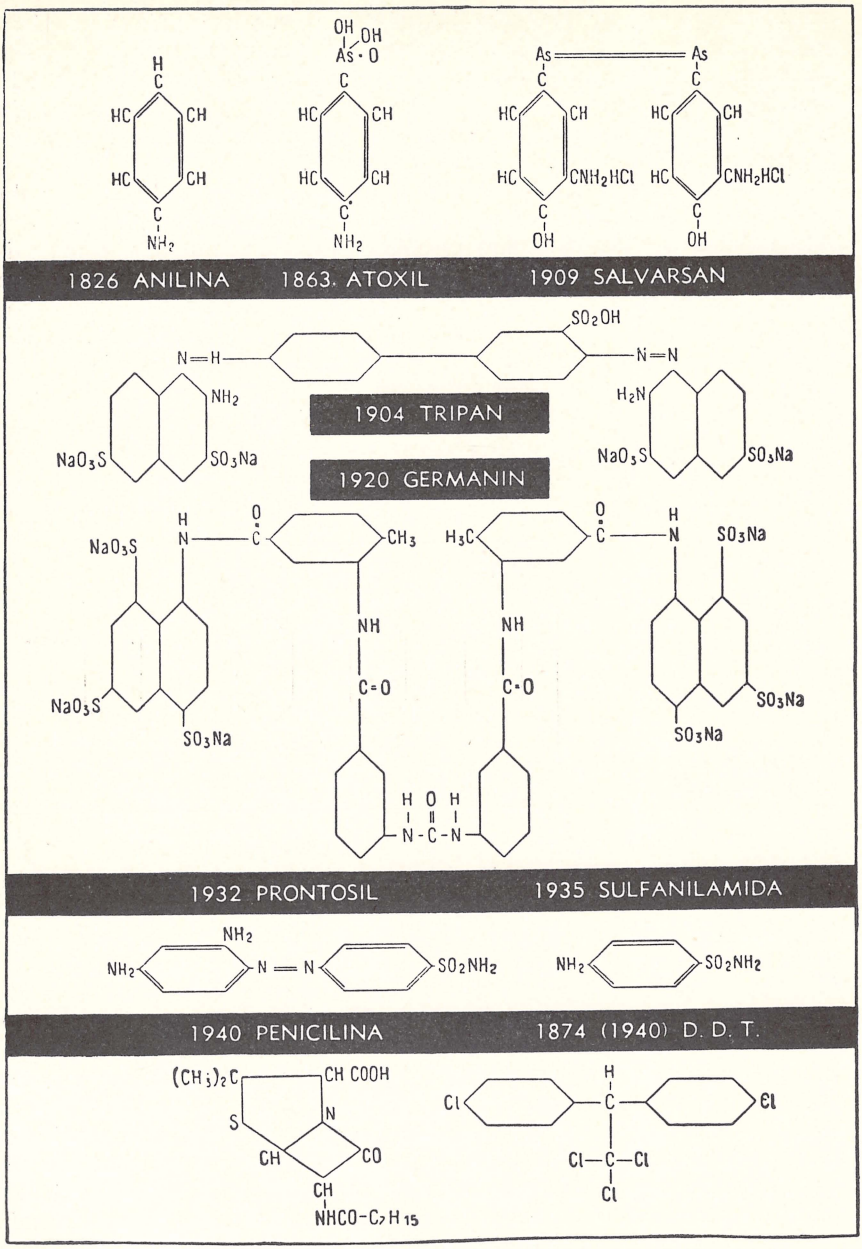


Fig. 130 — AS FÓRMULAS QUÍMICAS SÃO BELAS. As fórmulas químicas são formações estéticas, pois são os produtos de fôrças simples entre os átomos que anseiam por tranqüilidade e simetria.

Na Fig. 128 vê-se ao lado das fórmulas estruturais do *carbol* e da *aspirina,* uma pequena seleção de outros derivados do benzol. Dois ciclos formam a *naftalina,* três conduzem à *morfina;* quatro ciclos em posição simétrica são a estrutura do *índigo.* A fabricação artificial do índigo constitui um marco na economia mundial. Foi a declaração de independência do Oeste que se libertou da velha terra-mater Índia, de onde provinham desde os tempos de Alexandre e dos três Reis Magos os preciosos tesouros como corantes, fibras, óleos, medicamentos. A ampulheta do destino está invertida. Hoje a Índia encomenda seus corantes no Reno, e a China manda buscar quinino de Londres.

Há mais que 100 anos, na França conseguiram obter o *atoxil* (Fig. 130) pela adição de amoníaco e arsênio ao ciclo de benzol. Mas sòmente 40 anos mais tarde um inglês verificou que êsse produto matava o provocador da doença do sono. A sua desvantagem é a de ser venenoso e por isso Ehrlich procurou outros agrupamentos, que pudessem aniquilar o provocador, mas poupassem as células humanas. Após o exame de 605 modelos de moléculas, êle chegou juntamente com o seu colaborador japonês Hata ao "Ehrlich-Hata 606", o *Salvarsan,* a primeira das drogas milagrosas de hoje. Uma única injeção de $^1/_{60}$ da dose mortífera livra uma galinha atacada de espirolose dos espírilos que se acham no seu sangue aos bilhões. Depois de *uma* injeção desaparecem no homem os espiroquetas dos cancros sifilíticos. Raras vêzes um trabalho foi recompensado com tal êxito, trabalho aliás efetuado penosa e genialmente durante dezenas de anos e raras vêzes um pesquisador que trilhou sòzinho seu próprio caminho deu à humanidade uma dádiva de tal valor. Ehrlich criou uma escola inteira que continuou a trabalhar de acôrdo com as suas concepções e concretizou idéias por êle lançadas. Êle mesmo ainda descobriu que certas matérias-primas dos corantes desenvolviam forte efeito desinfetante (tripan) (Veja Fig. 130) e na construção de novas moléculas chegou-se ao *prontosil,* tão agradável à vista (Veja Fig. 130), que também é desinfetante biológico. Como era de se esperar teòricamente, o corpo divide a frágil combinação e utiliza-se sòmente da metade da direita que contém enxôfre e se denomina portanto sulfa. Os preparados de sulfa assim obtidos são armas eficientes contra hemotoxia, febre puerperal e pneumonia. Foi possível também examinar o mecanismo do efeito (Fig. 131). As bactérias precisam da molécula aminoácido benzóico, como

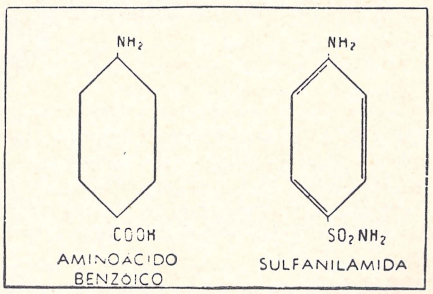


Fig. 131 — AMINOÁCIDO BENZÓICO E SULFANILAMIDA. O preparado de sulfa imprestável para as bactérias quase se confunde com o aminoácido benzóico utilizado por elas e de fato é trocado por elas. Daí o efeito salutar dos preparados de sulfa em certas infecções.

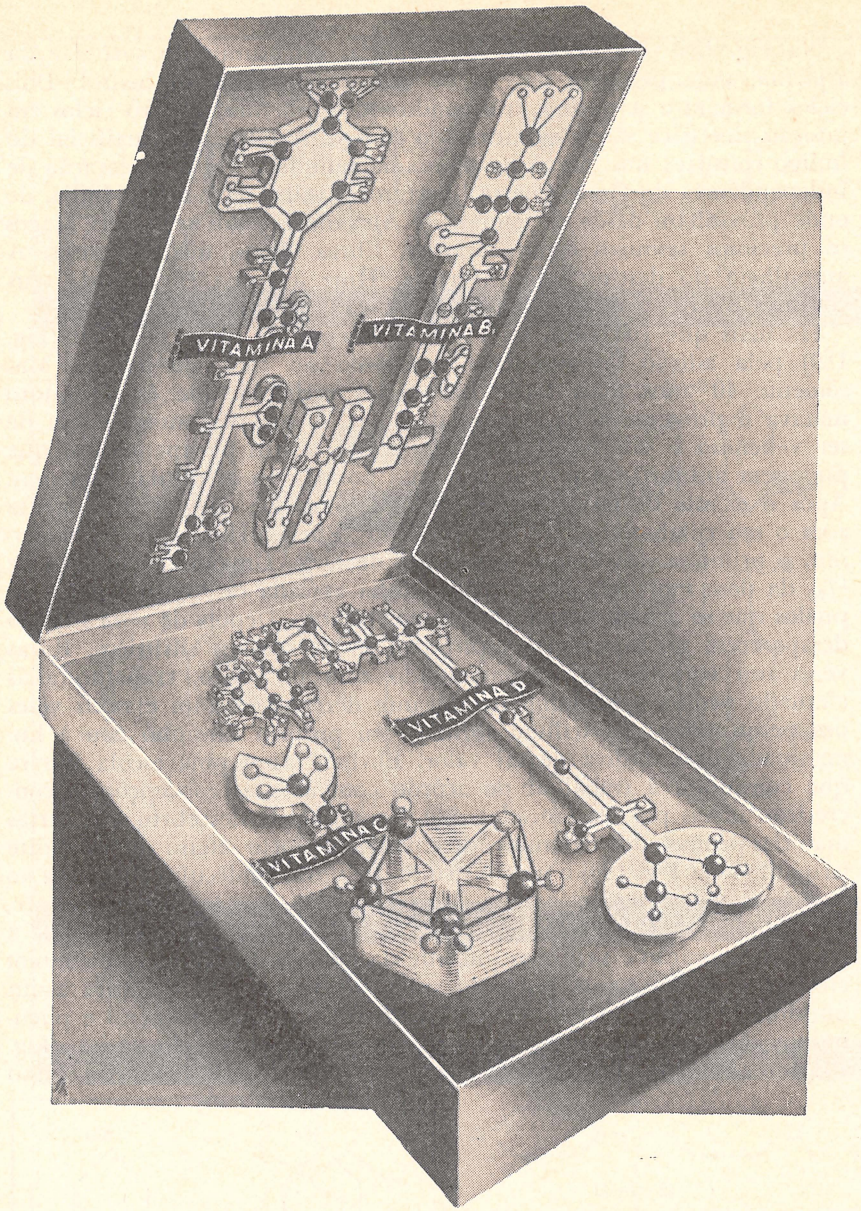


Fig. 132 — AS VITAMINAS. As vitaminas são substâncias-chaves que a substância viva emprega para decompor as moléculas alimentícias recebidas ou executar outras transformações químicas importantes. As fórmulas estruturais aqui representadas não são fantasia, mas mostram os átomos em suas posições corretas; sòmente os contornos são fictícios. Prêto = carbônio; branco = hidrogênio; pontilhado = oxigênio.

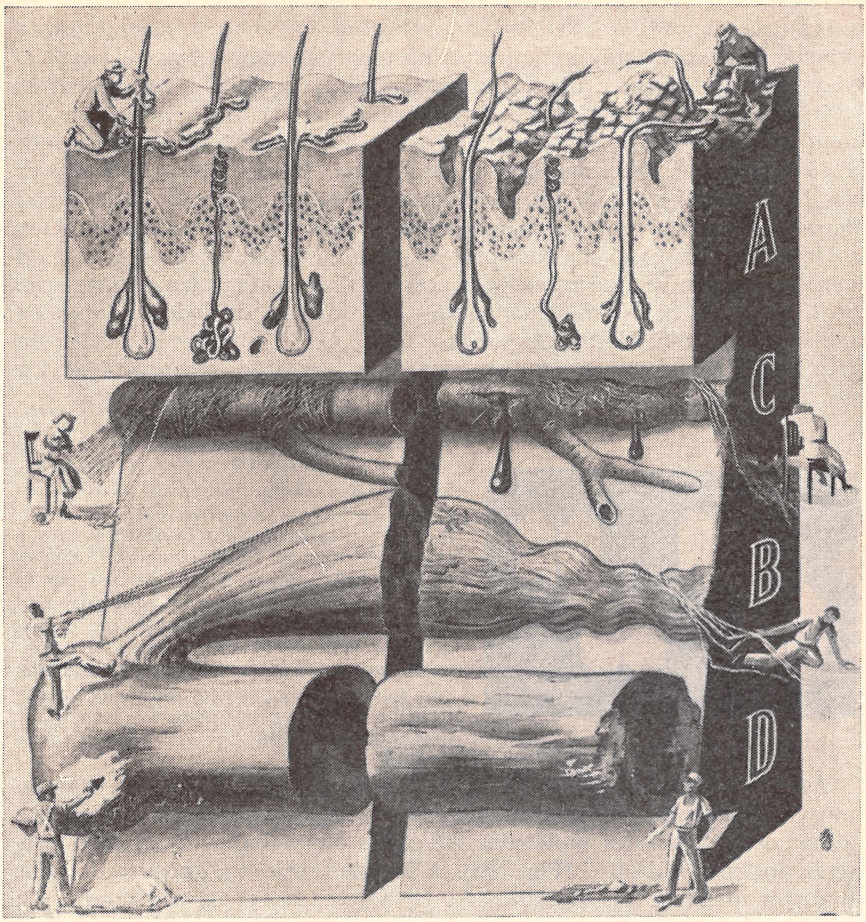


Fig. 133 — AS FUNÇÕES DAS VITAMINAS. Vêem-se em um corte esquemático quatro sistemas orgânicos do corpo humano: A a pele, C uma artéria, B um músculo e D um osso. Do lado esquerdo vêem-se êsses órgãos em função saudável, pois se acham com suficiência de vitaminas. A pele produz a necessária gordura para se tornar macia; a artéria tece fibras a fim de manter a sua parede à prova de água, o músculo possui a tensão indispensável, e o osso devido à cimentação mantém-se firme. Do lado direito vêem-se êsses mesmos órgãos, porém avitaminados. A pele na carência de vitamina A deixa de produzir gordura, tornando-se fendida e os pêlos quebradiços. As artérias necessitam de vitamina C e na falta da mesma tornam-se permeáveis ao sangue, de sorte que ocorrem hemorragias subcutâneas e no interior dos órgãos, e se formam manchas azuis em lugares contundidos. Os músculos se utilizam das vitaminas do grupo B e sem estas perdem a sua elasticidade, de modo que o homem se torna cansado dos músculos e trêmulo. Com a ausência da vitamina D, os ossos perdem a sua firmeza e deformam-se. Pela reforma da alimentação e a ingestão de tôdas as vitaminas em doses suficientes segundo os conceitos modernos de nutrição, as doenças que imperavam em 1920 como o raquitismo, beribéri, pelagra, tendência para o catarro, "moléstias da primavera", etc., foram pràticamente dominadas — o que constitui uma das grandes conquistas da medicina de hoje.

substância chave para determinados processos. Como a sulfanilamida é fácil de ser confundida com estas bactérias, tomam a "chave falsa" e, não conseguindo construir a sua matéria de fecundidade, extinguem-se.

O aminoácido benzóico e a sulfanilamida são os tipos primitivos de uma vitamina. Os organismos necessitam de chaves moleculares para a composição e decomposição de moléculas. Nestas, como nas chaves das fechaduras, cada dente deve estar no lugar certo. O aminoácido benzóico deve trazer o seu grupo atômico proeminente na extremidade inferior do hexágono na para-posição, e ser um ácido para-aminoácido benzóico, a fim de que o bacilo a possa utilizar para a sua propagação. Se o grupo se acha em cima na posição *orto* ou de lado na *meta,* a molécula não tem efeito. Os prefixos *orto, meta, para* que se lêem com freqüência nos nomes químicos, referem-se à posição do grupo exterior no hexágono do ciclo do benzol.

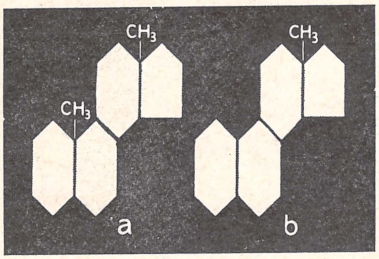
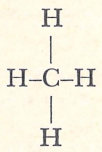


Fig. 134 — A SIGNIFICAÇÃO DO AGRUPAMENTO ATÔMICO PARA A AÇÃO DA MOLÉCULA. As grandes moléculas instrumentais como as vitaminas, hormônios, fermentos, trabalham como os instrumentos e chaves do homem "especìficamente" através de seus sutis grupos exteriores, que são os "dentes" e "barbas". Vêem-se aqui duas moléculas de um hormônio sexual que coincidem em mais de 50 átomos, e só se distinguem por um grupo externo CH_3. A molécula *a* torna o seu portador feminino e a molécula *b* masculino. Os sexos se diferenciam, pois, molecularmente, por *um* dente *de chave.*

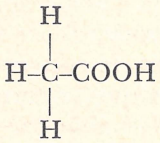
As vitaminas são moléculas de estrutura complicada, que o organismo vivo emprega para executar as modificações necessárias dos grupos atômicos nas grandes moléculas com que êle trabalha durante o processo do "metabolismo" (Fig. 132). A fim de fabricar a gordura da pele, o corpo utiliza-se da vitamina A; para tecer as veias, a vitamina C; para queimar o açúcar nos músculos, a vitamina B; para fixar o cálcio nos ossos, a vitamina D (Fig. 133). A falta dessas vitaminas provoca perturbações que se denominam avitaminoses ou doenças por falta de vitaminas. O raquitismo infantil, o beribéri e a cegueira noturna são avitaminoses. A Fig. 134 nos mostra a importância da colocação e do número dos grupos exteriores numa molécula para o destino de seu portador. Os quatro ciclos são o "esteróide", a estrutura fundamental de numerosas substâncias vitais. Os esteróides com o grupo exterior CH_3 são hormônios sexuais. Se os processos ocorrem de acôrdo com a orientação da chave *a,* o indivíduo torna-se feminino, se é com a chave *b* o corpo funciona como masculino. Por um dente a mais ou a menos numa das 1.000 chaves moleculares o destino decide se serás Aquiles, odiando e esbravejando, ou Antígona, que declara: "Não estou aqui para odiar, mas sim para amar". Poder-se-ia escrever um livro sôbre o tema "Dente atômico e Destino".

5) Os ácidos que contêm carbônio, pela agregação de amoníaco, tornam-se aminoácidos, os elos encadeados das albuminas

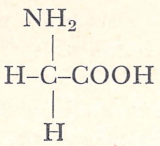
Do metano CH_4 com a fórmula estrutural



resultam pela anexação de água combinações que são construídas de acôrdo com o tipo



O grupo COOH é característico dos ácidos que contêm carbônio. Tais são os ácidos fórmico, acético, butírico, valeriânico. Se ao ácido se junta o grupo atômico NH_3 amoníaco, resulta



Esta é a fórmula fundamental de um ácido amoniacal ou, como se diz mais comumente, aminoácido. Ao ler-se um vocábulo com as sílabas amino ou amid, sabe-se que a substância contém amoníaco.

Existem mais ou menos 30 aminoácidos que, por pequena circunstância possuem uma grande vantagem: êles têm estrutura dipolar, isto é, trazem numa extremidade de sua molécula um átomo que tem um eléctron em excesso, portanto com carga negativa, e na outra extremidade um átomo que apresenta uma falha na órbita externa, portanto com carga positiva. As extremidades assim diversamente carregadas das moléculas aderem uma na outra à maneira de ímãs e formam assim cadeias. Os nomes dos aminoácidos são nomes ocasionais: glicocola, glicina, alanina, leucina, cistina, lisina, tirosina, triptofan, etc. Não é preciso guardar êsses nomes, mas deve-se ter passado os olhos por êles uma vez, a fim de conhecê-los.

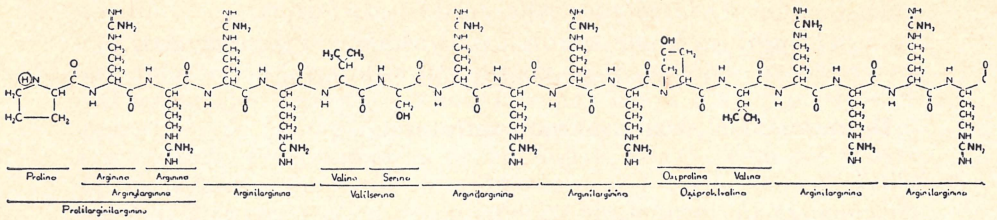
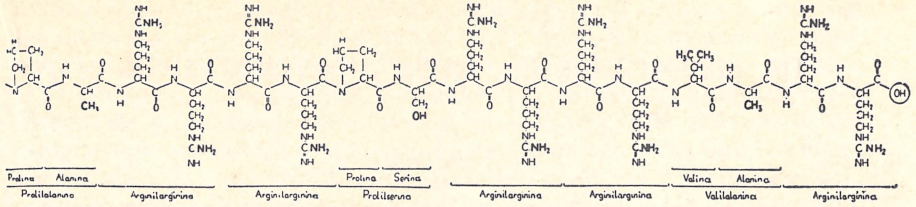


Fig. 135 — FÓRMULA DA ESTRUTURA DE UMA MOLÉCULA ALBUMINÓIDE (CLUPEÍNA) MUITO SIMPLES (!). A molécula consiste numa cadeia de aminoácidos. Os grupos atômicos impressos em negrito são aquêles aos quais, nas reações químicas, aderem outras moléculas. Na verdade a molécula não é plana e sim uma formação plástica: no ponto em que se lê Prolina está virada em tôrno do seu

As moléculas que se criam pelas cadeias dos aminoácidos denominam-se "albuminas". Albumina é nome de grupo como pedra ou pano. A albumina é um mundo grande, rico e encantador de moléculas, as maiores, mais belas e mais ricas de energia vital existentes na natureza.

O número dos aminoácidos que se encadeiam formando albuminas oscila entre 133 na simples lactalbumina que a vaca oferece no seu leite ao bezerro até os 51.000 aminoácidos que se acham entretecidos na substância corante do sangue (hematoidina). Na Fig. 135 vê-se a primeira imagem de uma molécula de albumina em seus pormenores. Assim como nos açúcares e amidos, também na albumina os aminoácidos não formam cadeias simples e sim arabescos. Êstes são sempre complicadamente entretecidos formando padrões em que entram moléculas de açúcar, ciclos de benzol, vitaminas e combinações de enxôfre, fósforo e ferro. Por isso não se deve falar em cadeias e sim em padrões de tapeçaria; trabalha-se então com a idéia de um modêlo que se aproxima da verdade. Do estudo dessa molécula de mil átomos desenvolveu-se uma ciência própria, atualmente muito ativa e importante, que é a química das moléculas gigantes.

Na construção dos diversos padrões participam mais ou menos 30 aminoácidos. Mesmo que êstes se limitassem — o que não fazem — a formar cadeias até 30 elos, êles poderiam constituir ..... 132.650.000.000.000.000.000.000.000.000.000 combinações. Mas criam-se combinações que contêm até 100.000 aminoácidos. A êstes acrescentam-se ainda as substâncias referidas como açúcar, ácidos nucleares, ciclos de benzol, gorduras do fósforo, corantes, vitaminas, hormônios e dúzias de outras moléculas, que se intrometem de tôdas as maneiras e formas no padrão do tapête. No cálculo de tôdas as possibilidades chegou-se a $10^{1.000}$, um número que deixa muito longe a cifra dos eléctrons no espaço universal, 10^{80}. É inútil dizer que essas combinações nunca se concretizarão, mas dão uma idéia das possibilidades ilimitadas da vida, de produzir sempre novas substâncias, côres, formas, de originar sem-



eixo. O comprimento real da cadeia aqui representada é de 0,000.001.1 cm. Na natureza há sempre 4 cadeias ligadas entre si. As moléculas de albumina contidas no corpo humano são de construção incomparàvelmente mais complicada e se compõem de centenas dessas cadeias em agrupamentos especiais diversos (segundo Linsser).

pre novas e fantásticas criaturas no nosso planêta ou em outros mundos.

Como os aminoácidos são os elos de cadeia das albuminas, é possível alimentar um corpo com aminoácidos em grau elevado. O homem não precisa decompô-los em fragmentos, mas pode assimilá-los imediatamente. A digestão torna-se supérflua. O estômago, o fígado, o pâncreas, o intestino são inúteis! Os aminoácidos podem até ser diretamente injetados no sangue. Do mesmo modo podem-se suprir as necessidades de açúcar do homem administrando-lhe açúcar de uva. Quem já não estará sonhando com a alimentação do futuro? Para que mastigar? Para que digerir? Carregar em sua barriga 5 metros de intestino recheado de purê de batatas e gases? Para que sobrecarregar o fígado com produtos em decomposição? O homem do futuro por certo ainda ingerirá um mínimo de comida, pois a vida precisa de vida e não dispensaremos os prazeres insubstituíveis que nos dão as frutas, saladas, vinho, doces e tôdas as outras iguarias. A massa de alimento grosso, porém, com que hoje enchemos o estômago e os intestinos na qualidade de matéria combustível, as quantidades enormes de pão, batatas, arroz, milho, couves e nabos que comemos serão substituídas por açúcar de uva e aminoácidos que se introduzirão no sangue por meio de uma pequena bombinha de pressão levada no bôlso. O intestino ficará reduzido à metade, o fígado diminuirá na mesma proporção, o estômago encolherá para um sexto do seu tamanho atual, o coração ficará aliviado da quantidade imensa de líquidos que bombeia diàriamente durante horas vindo dos intestinos para as artérias e através dos rins. Virá uma geração que não conhecerá a fome, que não adormecerá sob o pêso da digestão, sobrepujando-nos espiritual e mentalmente como o pássaro superou o animal de que êle se originou — o reptil. No armário de vidro dêsse homem do futuro penderá o esqueleto do homem atual com a etiquêta: "Homo intestinalis", e o mestre dirá aos meninos: "Quando os homens ainda devoravam..."

Capítulo XXIII

DA MOLÉCULA DA ALBUMINA AO VÍRUS

1) A micela

Cada um conhece o brinquedo da gôta de azeite que se pinga sôbre a água; a gôta se espalha e quando a superfície do azeite se tornou fina como um suspiro ela se irisa; depois se esfacela e finalmente some de vista. Milhões de vêzes os homens viram isso, mas nós somos os primeiros que o compreendemos. Aprendemos agora mesmo que os aminoácidos formam cadeias porque as moléculas são dipolares; uma extremidade traz um átomo a que faltam eléctrons e que procura preencher as suas falhas. A outra extremidade é um átomo com eléctrons em excesso que, inversamente, procuram as falhas para nelas alojar-se.

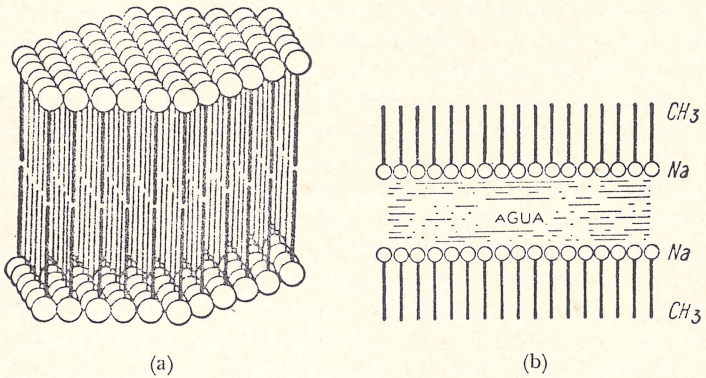


Fig. 136 — A "MICELA". *a*) "Micelas" são pacotes de moléculas. As fôrças de ligação são de natureza elétrica — *b*) As moléculas do sabão possuem extremidades metálicas (sódio) e não metálicas (ácido graxo). Numa superfície de água as extremidades metálicas voltam-se para a água sôfregamente, ao passo que os ácidos graxos a repelem (segundo Kissig-Philipoff).

As moléculas dos óleos e sabões também são dipolares; a molécula do sabão traz numa das extremidades o grupo atômico com o óxido de sódio que gosta da água; na outra extremidade traz ácido graxo que odeia a água. Pingado sôbre a água, as moléculas do sabão colocam-se em sentido vertical como as bóias, que também se colocam em vertical porque trazem em uma de suas extremidades a cadeia de ferro que as puxa para dentro da água, mas a outra extremidade cheia de ar e por conseguinte leve é repelida pela água (Fig. 136).

Desde o comêço do século sabe-se que determinadas moléculas, os fosfátides, representam papel importante na nutrição da célula. O fosfátide mais conhecido é a lecitina que se receita como remédio forti

ficante (Fig. 137). A significação dos fosfátides para a nutrição repousa na estrutura dipolar de suas moléculas. Um lado, o direito, na ilustração traz o ácido fosfórico e a colina, procurando a água; o outro é a gordura fugindo à água. As moléculas da lecitina colocam-se no sistema de protoplasma como as moléculas da Fig. 136. Com as extremidades que procuram a água elas mergulham nos sucos que circulam nas células, digamos simplificado grosseiramente, na corrente do sangue que passa. Com as extremidades que fogem da água, elas se voltam para o interior das células, formando pontes moleculares entre a corrente sanguínea que nutre e o interior das células (veja Fig. 141).

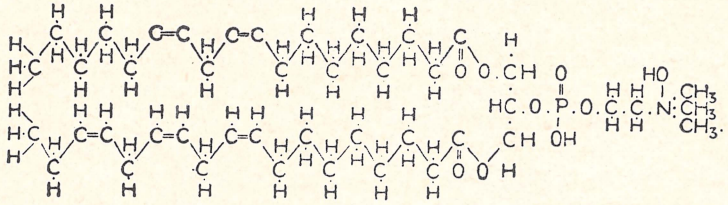


Fig. 137 — LECITINA — A MOLÉCULA-CHAVE DA CÉLULA NERVOSA. O eixo da molécula forma o átomo fosfórico P. A molécula é uma molécula-transporte que forma a camada limítrofe entre o plasma vivo e o mundo exterior e nas células se encontra no ponto indicado na Fig. 141, à esquerda, pela flecha vertical.

Se as moléculas dipolares se amontoam, elas formam grupos, as "micelas" (Fig. 136a). Estas, conforme a constituição das moléculas, têm forma característica e quando dela se formam tecidos como fibras musculares, nervos ou chifres, êstes assumem automàticamente certas estruturas que são determinadas pela configuração das micelas. Tôdas as finas estruturas do reino zoológico e vegetal como as das conchas, madrepérola, a própria pérola, o sombreado das asas de borboletas e insetos, o canelado das unhas humanas, os desenhos das pétalas das flores são criações de "micelas" específicas. Eléctron, átomo, molécula, molécula gigante, micela — esta é a ordem das categorias na constituição da matéria.

2) Cristais líquidos

Antigamente acreditava-se que nos líquidos as moléculas se movessem caòticamente. Hoje sabemos que sòmente nos gases é que os átomos se movem anàrquicamente; nos líquidos formam "serpentes" que deslizam ondeantes uma ao lado da outra. Se fôsse possível observar as moléculas da água ao microscópio, ela pareceria um balde cheio de minhocas. Se destacarmos um pouco de água de seu conjunto, ela formará uma gôta, pois as moléculas ordenam-se como os átomos no cristal, motivo pelo qual se denomina a gôta de água "cristal líquido". Também o fio de metal que escorre da colher e se parte ao meio, caindo a parte

inferior em forma de gôta, enquanto a parte superior se recolhe para a borda da colher, dá uma idéia do que é o cristal líquido.

No comêço do século Stephan Leduc chamou muita atenção pelas observações que fêz nesses cristais líquidos que êle descreveu como sendo os precursores dos sêres vivos. Na realidade é de espantar o que êles realizam em movimentos "vivos" e manobras. Êles se enroscam como vermes, arrastam-se como amebas, devoram como estas, crescem e dividem-se quando atingem determinado tamanho (Fig. 138). Em 1 vê-se uma gôta de clorofórmio que come uma "cobra". Essa cobra é um fio de laca. A gôta gira e dêsse modo enrola o fio de laca que a ela se cola. Depois ela o dissolve quìmicamente e com isso fica maior. Em 2 vê-se como uma gôta de clorofórmio se encontra com um pauzinho salpicado de grãos de côres. A gôta absorve o pauzinho, dissolve os grãozinhos e devolve o pauzinho comido, esvaziado. Em 4 vê-se como uma gôta assim crescida se reparte e em 3 uma figura fragmentada, conforme aparece nas células quando estas se subdividem (veja Fig. 142). Todos que se interessam pela experimentação podem produzir essas imagens de Leduc por meio de misturas adequadas com tinta nanquim, corantes, óleos, sabões, lacas e, como na vida não importa o que se faz e sim o que se vive, podem-se obter através dessas brincadeiras biomecânicas estímulos valiosos. Por meio delas preparamo-nos para o encontro com os vírus e as bactérias, as células, os núcleos celulares e os cromossomos que se comportam exatamente como os cristais líquidos, e somos prevenidos contra a tentação de supor fôrças vitais onde, conforme aqui se vê, bastam reações físico-químicas para provocar "ações racionais" verdadeiramente inacreditáveis.

3) O vírus, ser meio vivo

Quando se procurou no século passado, na era de Pasteur, os causadores das doenças infecciosas, foram encontradas seguidamente as bactérias da esplenite e da peste, do tifo, tuberculose, difteria e por último foram reconhecidas, apesar dos protestos e da resistência dos que sempre se opõem a uma idéia nova, as espiroquetas, transmissoras da sífilis. Para uma longa série de outras doenças não se conhecem, porém, os parasitos. Já em 1892 um "caçador de micróbios" russo e em seguida um holandês, Beijerink, comunicaram que certas doenças se transmitiam por agentes que deviam ser menores que as bactérias, pois êsses agentes passam por filtros de barro, cujas paredes retêm os bacilos. Devia tratar-se de sêres vivos, pois o contágio se propagava. Se um organismo se infeta, êle é ràpidamente dominado pela doença.

A êsses agentes, que mais tarde se tornaram efetivamente visíveis, se denomina vírus, o veneno mórbido. No decorrer do tempo determinaram-se mais de 500 doenças infecciosas, ocasionadas por vírus em homens, animais e vegetais; há vírus pequenos e grandes, inofensivos e perigosos, de aspecto simples que são apenas cristais e outros que,

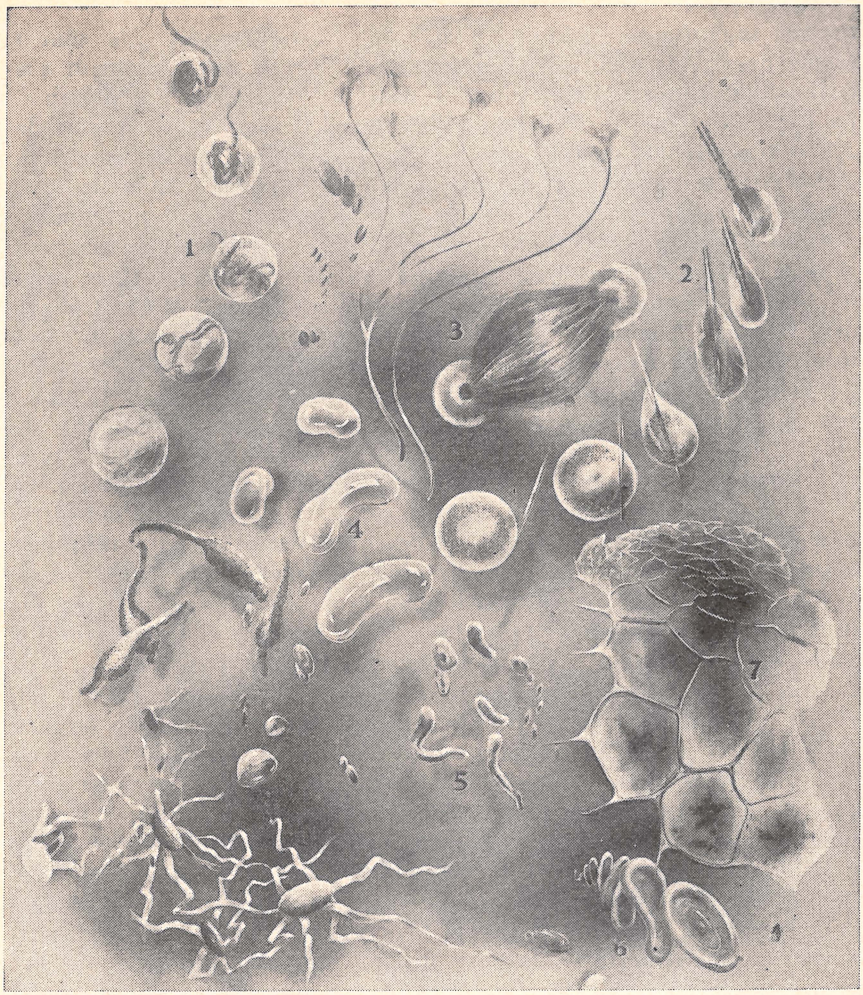


Fig. 138 — CRISTAIS LÍQUIDOS. Não só em substâncias sólidas como o granito, o diamante, ou o sal, mas também em líquidos os átomos se ordenam em posição e número determinados, formando estruturas que se denominam "cristais líquidos". A gôta de água, o fio de mel, a bolinha de gordura são cristais líquidos dessa natureza. Conforme demonstrou Leduc, êstes revelam, sob condições adequadas, capacidades tão semelhantes à dos sêres vivos, que se viram nêles os precursores da vida pròpriamente dita.
1. Uma gôta de clorofórmio devora e digere um fio de laca. 2. Uma gôta de clorofórmio engole uma varinha de vidro. 3. Uma configuração divisora como a que os núcleos celulares formam ao se dividirem. 4. Um cristal líquido se divide em dois cristais menores. 5. Cristais líquidos com a figura das bactérias. 6. Cristais líquidos com a forma das células do sangue. 7. Uma "membrana celular". — Embaixo, à esquerda, "bacilos flagelantes" e em cima, no centro, um ramo de campânulas como as das vorticeles.

em sua organização, se assemelham a bactérias (Fig. 139). Êles têm a forma de esferas, pauzinhos ou parafusos; alguns se assemelham aos girinos. Um dos vírus mais simples, o agente da doença do "mosaico" na fôlha do fumo, é constituído de colunas hexágonas, compostas de 324 camadas; estas de tal maneira se dispõem que formam um hexágono. Quìmicamente elas se constituem de albumina e ácido nuclear, contendo cada unidade um quarto de milhão de átomos que, juntos, pesam 0,000.000.000.000.01 g. Introduzindo-se um cristal dêsses em uma célula da fôlha de tabaco, êle se fragmenta em suas 324 camadas, cada uma delas podendo inteirar-se e formar um cristal completo. Os vírus podem fazer isso porque, através de suas moléculas, conduzem o metabolismo da célula para os trilhos do seu próprio metabolismo, desviando por assim dizer os vagões da carga que se destinam ao local "Célula", por uma via lateral para a estação "Vírus". A célula então morre de inanição, mas o vírus se multiplica monstruosamente, pois cada uma das 324 camadas torna-se novamente um cristal inteiro. O vírus da doença do papagaio, a psitacose, é tão venenoso e tão fértil que se diz ser suficiente uma colher de chá dêsse tóxico para aniquilar a humanidade. Fantasia-se sôbre a possibilidade de êsses vírus espalhados sôbre cidades, constituírem uma arma ainda mais perigosa do que as bombas atômicas. Quando se fala em guerra de extermínio biológico pensa-se em primeiro lugar na difusão dêsses vírus.

O vírus não constitui um ser vivo legítimo, pois a essência do ser vivo é a capacidade de manter em movimento o mecanismo da sua substância viva com as matérias mortas de seu ambiente. O vírus não pode fazer isso, pois êle precisa do plasma vivo de um outro ser vivo para se manter e se multiplicar. O que retira dêle ainda não sabemos bem. As células mortas não lhe são suficientes, mesmo o suco comprimido de células vivas não basta; por outro lado o vírus cresce quando se acha separado da célula nutridora por uma parede que deixa passar os produtos da célula. É possível, portanto, que o plasma vivo contenha matéria ainda desconhecida para nós, indispensável aos sêres vivos e ao vírus. Pelo interêsse para o vírus que revelam os representantes das diversas ciências, como os químicos, biólogos, geneticistas, médicos, bacteriólogos e com o auxílio da microscopia electrônica, que se desenvolve ràpidamente, pode-se esperar certamente que numerosos problemas ainda não desvendados se resolverão em futuro não muito remoto. Grandes descobertas acham-se, por assim dizer, por trás dos bastidores, aguardando o sinal para entrarem no palco e libertarem o público da platéia da tensão nervosa em que se encontra diante da questão: como se originou a vida na Terra?

Fig. 139 — O VÍRUS. Os vírus são sêres meio vivos que em casos simples não são mais do que cristais de albumina. Êles só podem multiplicar-se em plasma vivo. Devido a essa dependência do plasma alguns dêles se tornaram parasitos das criaturas superiores.

Capítulo XXIV

DO PROTOPLASMA À CÉLULA

1) O verdadeiro ser vivo: protoplasma

Não se pergunte o que é a vida. Com grande probabilidade não se trata de um "segrêdo primitivo" no sentido goethiano, isto é, de uma charada radicalmente insolúvel. Disso podemos estar seguros, de acôrdo com o progresso da ciência nas últimas décadas. Mas no momento temos que nos limitar a apenas descrever, sem poder explicar realmente, aquilo de que estamos falando.

De uma grande quantidade de moléculas, as mais simples como água e sal de cozinha, de tamanhos médios como as do ácido acético ou glicerina e das maiores como as moléculas gigantes da albumina nuclear, compõe-se uma organização que, por ser plástica, se denomina plasma, também protoplasma, a matéria primitiva, ou, porque vive, "substância viva" (Fig. 140).

Não sabemos o que levou, no decorrer da história da Terra, essas numerosas moléculas a formarem uma comunidade, agindo em conjunto de tal maneira que "vivem". Mas não precisamos recuar diante da idéia, embora audaciosa, de que o plasma seja a continuação natural na escala gradativa da matéria.

Após dezenas de definições antigas, diz-se em nosso século dinâmico que o característico do plasma vivo é que ao contrário das outras substâncias da natureza, êle não é estático e sim dinâmico. Mas justamente a época da dinâmica, que erige aqui outra cêrca, fá-la cair de novo. Tôdas as organizações no universo são de natureza dinâmica. O próprio universo é um "dinamismo"; as espirais estelares, o sistema solar, o átomo e o eléctron são dinamismos. A nuvem, a tempestade, o rio e a queda da água são formações dinâmicas, assim como também o são os montes e as montanhas. O plasma não pode ser outra coisa senão uma estrutura dinâmica, um mecanismo molecular, um relógio, que em vez de ser de metal é feito de plasma e anda 80 anos. Mas que relógio! Em 1 mm^3 de plasma acham-se 10^{20} átomos em ação, todos ordenados em moléculas, entre as quais naturalmente as moléculas gigantes das combinações albuminóides tomam lugar central (Fig. 141). Elas se acham no meio de soluções líquidas ou meio líquidas como as cidades nos mapas físicos, à beira dos grandes rios. Os seus grupos atômicos que procuram a água estão voltados para o mundo exterior, de sorte que as "micelas" de tais moléculas formam estrêlas abertas, comparáveis aos raios de uma roda (à direita na figura). Se os grupos das extremidades são dos que fogem da água, êles se contraem em esferas (centro). Pela ordenação seriada das moléculas nas praias fluviais originam-se as "camadas limítrofes" características do plasma, que são da maior importância para a saúde das células, pois é através

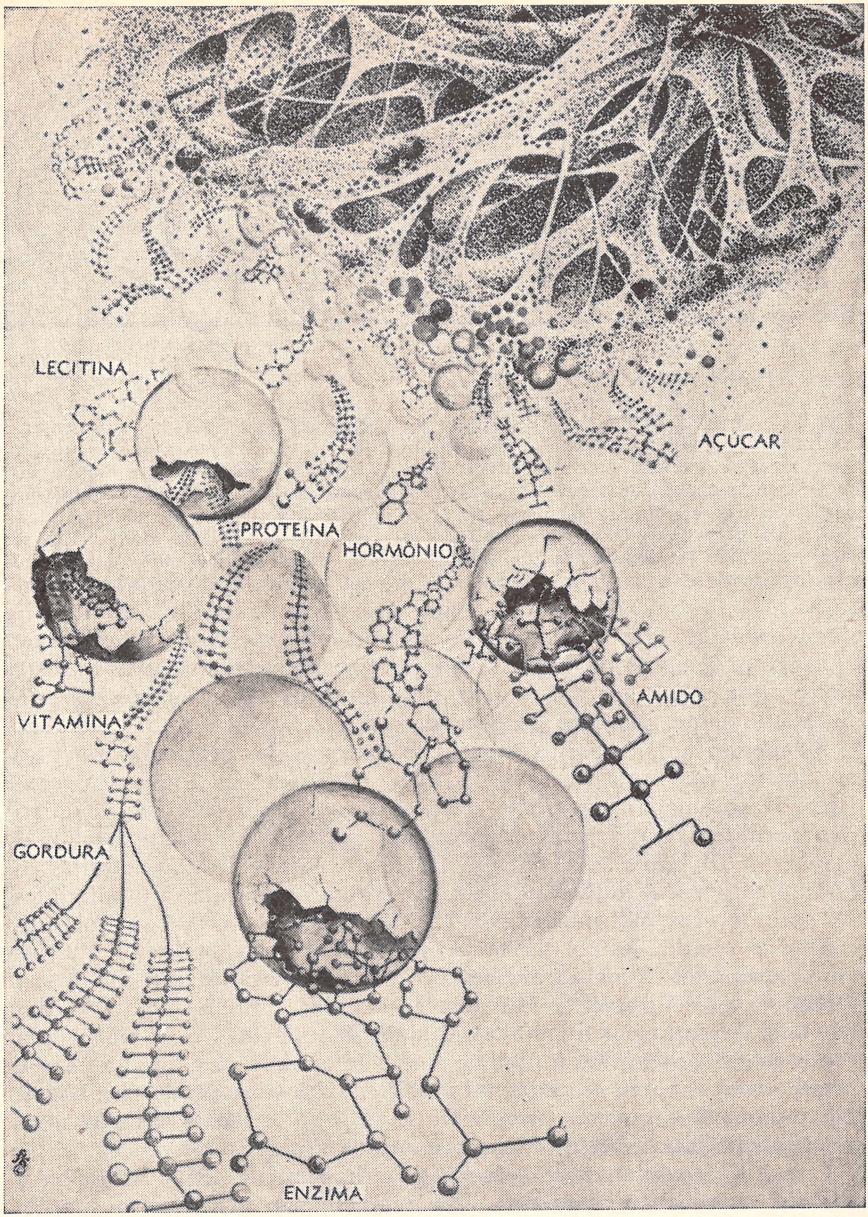


Fig. 140 — PROTOPLASMA. Esta seria a imagem aproximada da substância viva do protoplasma diante dos nossos olhos se pudéssemos observá-lo milhões de vêzes aumentado. O protoplasma é uma sociedade de trabalho de vários milhares de espécies de moléculas, sendo que em cada caso isolado se reúnem no mínimo 500 milhões de moléculas.

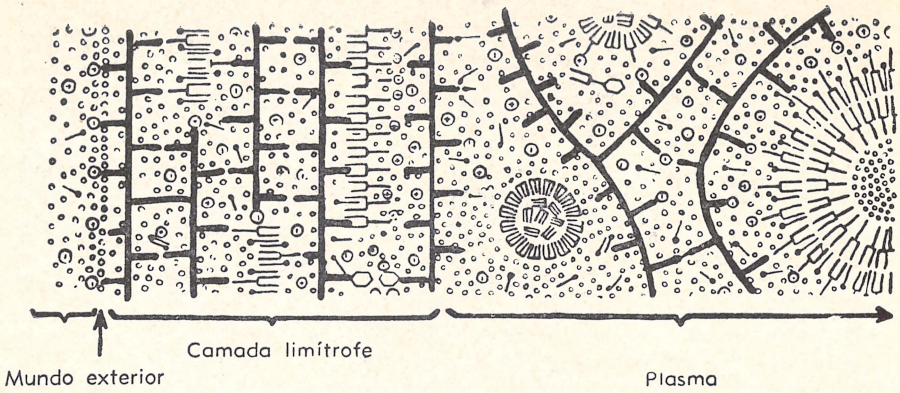


Fig. 141 — ESTRUTURA MOLECULAR DO PROTOPLASMA. As moléculas se encontram dispostas no plasma meio arquitetônicamente e meio caòticamente, à semelhança dos desenhos de um tapête persa. A camada limítrofe entre plasma interno e mundo exterior é de estrutura relativamente firme, regulando a assimilação e rejeição das substâncias. Só deixa penetrar moléculas pequenas. As moléculas gigantes do plasma, as "moléculas albuminóides específicas" do indivíduo, acham-se bem protegidas no interior (à direita). A pequena chapa é uma molécula gigante que foge da água, a grande é uma molécula gigante ávida de água (segundo Linsser).

dessas camadas que a célula troca os seus produtos com o ambiente. Numerosas doenças do homem são perturbações das camadas limítrofes, porque as células não podem desfazer-se de seus venenos ou assimilar suficiente alimento do sangue.

Ao mesmo tempo que as superfícies externas das moléculas gigantes igualmente carregadas se repelem, elas se mantêm em intervalos regulares. Nas camadas limítrofes criam-se dêsse modo orifícios de crivo que permitem a passagem de pequenas moléculas, enquanto para as maiores a passagem está vedada. Devido às suas entradas estreitas, o plasma conserva a individualidade. As grandes moléculas albuminóides do leite de vaca não podem penetrar no plasma da criança e comunicar-lhe as qualidades do plasma do bezerro: sòmente os fragmentos, os aminoácidos, conseguem penetrar e com êles a criança constrói a sua albumina especìficamente humana. Impedidas na passagem e separadas uma da outra por intervalos, as moléculas gigantes estão no plasma como os grandes navios no pôrto. Elas não se movem para um lado e outro, como o fazem as pequenas moléculas das substâncias dissolvidas. No costado dos transatlânticos vêem-se as pequenas barcaças que através das escotilhas abertas enchem o ventre dos gigantes.

Esta é a substância viva como a vê o homem de 1950. Ninguém a viu tão claramente como nós. Mas também isso é apenas o simples começo, o soletrar na cartilha da vida. E é longo o caminho que nos levará a ler o "Paraíso" de Dante, ou os coros da segunda parte do Fausto. Isso está reservado ao homem do próximo milênio e ainda assim haverá a interrogação: Compreenderá êle as profecias primitivas dos Proteus?

2) *O protoplasma toma corpo e forma células*

O plasma não é matéria, mas sim organização. Uma matéria como aço pode correr em quantidades desmedidas dos altos-fornos; organizações como os automóveis só podem sair da linha de montagem em exemplares isolados.

A organização plasma é a célula. A célula é um conceito geral. Existem células tão simples que se pode dizer delas, como antigamente, que são um "pedacinho de mucosidade". Outras, como os infusórios, têm estrutura tão complicada que hesitamos em designá-los como células.

As células são pequenas. No minúsculo ponto do i podem viver juntas várias centenas de células. Tôdas as criaturas visíveis estão compostas de número múltiplo de células e são, como se diz, Estados celulares. O leitor que tem os olhos nestas linhas é um Estado celular de 30 bilhões de cidadãos, dos quais cada um leva sua vida curta, como os cidadãos do Estado civil, durando algumas células apenas 20 dias, enquanto outras duram tanto quanto a própria vida do indivíduo. Diàriamente morrem no nosso corpo 1 bilhão de células, nascendo outras tantas para substituir as mortas. Como uma vida humana dura cêrca de 25.000 dias, cada um pode calcular quantas células êle produz em sua vida.

Se picamos o dedo e espremem os uma gôta de sangue, percebe-se a ôlho nu um "mar vermelho" em que nadam 4 milhões de células como medusas, e várias dezenas de milhares de outras como pólipos e estrêlas-do-mar se arrastam no fundo. Se arrancarmos um fio de cabelo, tem-se na mão uma varinha córnea que se compõe artìsticamente de 50.000 células. Se o pitecantropo, que viveu há um milhão de anos em Java, não tivesse morrido e se lhe fôsse destinado dissolver, deixando cair, como um autômato, em cada segundo uma célula, êle ainda estaria hoje ali e em melhores condições do que a Vênus de Milo no Louvre.

Não é qualidade específica do plasma substituir as suas perdas, crescer e multiplicar-se: isto também acontece com as esferas de gás esfaceladas, com nuvens e cristais avariados. Mas no plasma essa capacidade está de tal modo desenvolvida que é compreensível ter-se pensado antigamente numa fôrça vital específica, e que ainda hoje a maioria dos homens se nega a admitir o caráter puramente físico-químico da atividade vital. Por isso os resultados modernos obtidos na pesquisa dêsses processos possuem um valor que vai muito além dos limites de seu campo particular, pois êles fornecem ao homem moderno os elementos para a nova concepção do mundo.

Os átomos do carbônio atraem-se por carregarem em sua camada exterior 4 eléctrons, faltando-lhes 4. Completam-se, portanto, de modo ideal: os grupos atômicos atraem-se quando conduzem em suas camadas externas ou falhas de eléctrons ou eléctrons excedentes, que têm

o efeito de "cargas". As moléculas gigantes do plasma atraem tantos átomos e grupos de átomos com carga contrária da corrente que passa, quantas cargas livres existam. Se a molécula se subtrai dos grupos atômicos aderentes ou êstes se desprendem dela, como o dentista desprende o molde de gêsso dos nossos dentes, resta então uma peça equivalente, isto é, um negativo da molécula gigante. Quando esta matriz por seu lado atrai novamente grupos atômicos, origina-se uma duplicata da molécula original. Assim essas moléculas gigantes criam suas semelhantes; moléculas de pepsina produzem pepsina, as moléculas do hormônio sexual produzem moléculas do hormônio sexual.

Na maioria dos casos não se produzem presumìvelmente moléculas gigantes completas, mas como numa fábrica humana só se fazem peças e estas mais tarde são armadas com o auxílio das chaves de parafuso. Como as moléculas gigantes trabalham feito matrizes nesse processo, denomina-se a essa teoria a teoria das matrizes. Ela é uma das mais belas contribuições da biologia moderna, pois nos forneceu, ainda que em tese, pela primeira vez, concepções concretas do trabalho do plasma.

3) A multiplicação das células pela divisão celular

No plasma dos sêres vivos simples como amebas e bactérias as moléculas gigantes são, ao que parece, distribuídas irregularmente. Mas já nêles existe a tendência de concentrar em determinados lugares as moléculas gigantes produtivas, de reunir máquinas em oficinas e oficinas em fábricas. É característico das moléculas gigantes a riqueza em ácido nucleínico, nome êste para o qual teremos explicação imediata. O ácido nucleínico é um mosaico de um ciclo de benzol purina contendo nitrogênio, açúcar e ácido fosfórico.

Na Fig. 144 vê-se, no primeiro plano, a estrutura da purina e do ácido fosfórico. Esta substância colore-se (felizmente para a ciência) de um prêto forte e quando se colore o plasma sobressai, escuro, dentro do cinzento geral, motivo pelo qual se denomina essa substância cromatina, isto é, substância corante. Originàriamente achava-se espalhada no plasma. Depois, ao que parece, para proteção contra perdas e contra as radiações perigosas do mundo exterior, concentrou-se, resultando daí o núcleo característico de tôdas as células superiores.

Devido à sua riqueza em moléculas gigantes produtivas, o núcleo da célula é o órgão central do pequeno organismo. Êle é para a célula o que o coração e cérebro são para o corpo humano. É o órgão central que comanda os movimentos, a nutrição, o crescimento e a multiplicação. A célula privada do núcleo morre. Se a dividem de modo que só uma das metades contém o núcleo, esta continua vivendo. Núcleos magros e pálidos denunciam uma condição doentia da célula, ao passo que núcleos escurôs e grandes anunciam vida intensa. Se numa

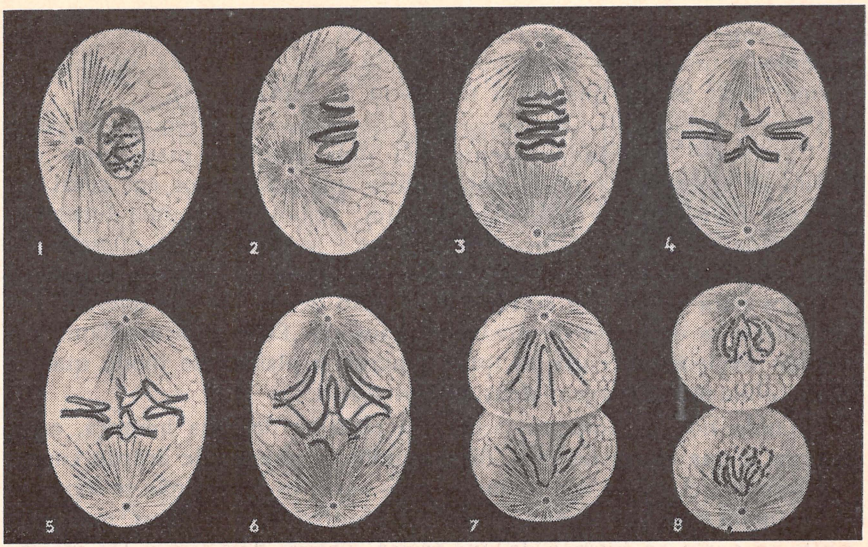


Fig. 142 — A DIVISÃO DA CÉLULA.

célula se forma um núcleo, pode-se dizer que o núcleo é tudo. O famoso verso de Goethe que se dirige contra Albrecht v. Haller: "A natureza não tem caroço nem casca / Ela é tudo ao mesmo tempo", êsse verso não vale para a célula, pois ela possui realmente caroço e casca.

A divisão da célula começa com o seguinte: um grande grão de cromatina que se acha ao lado do núcleo e se denomina corpo central, começa a funcionar, como o acionador da partida do automóvel (Fig. 142). O corpo central aumenta, escurece e em tôrno dêle ordenam-se as micelas do plasma como os raios de uma estrêla. Depois êle se desmembra, tornando-se uma estrêla dupla e as duas estrêlas gêmeas, aparentemente impulsionadas por fôrças divergentes, separam-se tanto uma da outra até que se defrontam como "corpos polares" (1, 2, 3).

Durante êsses processos juntam-se no núcleo os grãos dispersos da cromatina (1), ordenando-se como um colar de pérolas. Como o espaço é estreito, o colar ondeia (2). Depois êle se desfaz numa soma de seções, que se denominam os corpos cromatínicos, isto é, os cromossomos (3). O seu número é constante para tôda a espécie, e perfaz na drosófila 8, gafanhoto 12, cebola 16, rã 24, minhoca 32, gato 40, homem 48, certas gramíneas 70, cão 78, azêdas de rio 200.

A membrana no estado de repouso cobre o núcleo, dissolve-se e então os cromossomos pendem nos fios que partem dos corpos polares, parecendo que vão ser puxados por êles como marionetes para o centro do núcleo. Possìvelmente, porém, são fôrças elétricas que os dirigem

exatamente para o meio, entre os dois pólos. Aqui êles se dobram como grampos e ordenam-se assim ao redor do centro da célula, de modo a formar uma estrêla que paira no plano do equador (4).

Começa então a divisão. Surge no cromossomo uma fenda que parte os "grampos" longitudinalmente, em dois grampos mais finos (4). Assim se apresenta à nossa vista aquilo que admitimos em geral ser um ato invisível das moléculas gigantes: vemos como uma formação encadeada de moléculas gigantes se parte e se duplica em número. As duas metades de cadeia afastam-se uma da outra (5), curvam-se com os ângulos para os pólos e correm na direção dêstes (6). Ao fazerem isso as cadeias se desfazem de novo em grãos (7). Êstes se acumulam, formando núcleos (8), entre os quais cinta-se o plasma de modo que de uma célula-mater surgem duas células novas.

Quando nós, os homens, fazemos a partilha de uma herança, espalhamos o que existe na casa, distribuindo os objetos de acôrdo com o seu número. A célula age de modo mais sutil; os pratos não se separam de maneira que um receba os azuis e o outro os vermelhos, mas cada prato se parte ao meio e de um grosso surgem dois finos. Da mesma forma dividem-se as colheres e êsses objetos assim diminuídos pela divisão crescem de novo e se tornam de tamanho normal. Na divisão da célula — os cromossomos não se dividem de modo que cada célula nova receba 24 cromossomos, e sim cada um dos 48 cromossomos é partido segundo o comprimento e cada célula nova recebe de cada um dos 48 cromossomos a metade. Estas metades — e isso é decisivo — não se assemelham apenas, mas são iguais como a pessoa e a sua imagem no espelho, pois o cromossomo é constituído de cadeias de moléculas gigantes e na sua divisão a cadeia se parte longitudinalmente e com ela cada uma das moléculas, de sorte que os cromossomos das duas células novas contêm as mesmas moléculas na mesma disposição. Posteriormente as moléculas se completam da maneira descrita anteriormente.

As moléculas gigantes dos cromossomos são as que determinam a vida do plasma e com isto o caráter e o destino do organismo todo, pois elas produzem as substâncias de que as células precisam para a sua atividade, crescimento e reprodução. Elas produzem açúcar, amidos, pepsina, púrpura retiniana e o hormônio sexual que determina o sorriso da mulher e a agressividade do homem. Os cromossomos das nossas células são a substância do corpo e da alma do ser vivo, os criadores das nossas seivas e fôrças, as determinantes de nossas atividades e do nosso caráter, os portadores de nosso destino. O cromossomo é a substância do destino humano. A dinamite é um talco de criança em comparação com a cromatina, e as bombas atômicas são assobios de garotos em relação aos efeitos do cromossomo. Compreende-se, portanto, porque as células na divisão do núcleo assumem tal

aparato: Elas querem dividir a cromatina, não cromossomo por cromossomo, mas sim molécula por molécula, a fim de que não falte às células novas nem sequer uma molécula da herança da célula-mater. Como a cromatina transmite as qualidades dos pais aos filhos, denominam-se também a substância hereditária, e as micelas da cromatina que pendem como pérolas dos fios dos colares são os portadores das gerações, os *genes*. A ciência da hereditariedade é a genética. Ela está em vias de se tornar a ciência mais importante de tôdas. É uma afirmação intrépida, porém no seguinte capítulo se encontrará a sua plena justificação.

Capítulo XXV

A CONSERVAÇÃO DO TIPO CELULAR PELA HEREDITARIEDADE

1) A drosófila, a môsca do cromossomo, o animal cultivado na pesquisa da hereditariedade

Depois que se reconheceram os cromossomos como portadores das substâncias hereditárias, buscaram-se os objetos adequados a fim de estudá-los. Guyénot recomendou a môsca da fruta ou do vinagre, a *Drosophila melanogaster,* isto é, "a que tem a barriga preta e gosta de orvalho" — que nome! O biólogo norte-americano Morgan organizou a criação e o estudo dessa môsca em grande escala e a "Escola Morgan" obteve em poucas décadas tais resultados que o nome "drosófila" se tornou um "conceito" (Fig. 143). A pequena môsca do orvalho é indubitàvelmente o animalzinho mais famoso do nosso tempo, e está no Panteão da ciência ao lado de outros afamados objetos de pesquisa, o *Homo diluvialis Scheuchzeri,* esqueleto encontrado pelo suíço Scheuchzer de um "velho pescador afogado no dilúvio", que mais tarde se revelou uma salamandra gigante, ao lado do primeiro homem pré-histórico, o "Neandertal", encontrado no lugar dêsse nome próximo de Duesseldorf, do pássaro pré-histórico *arqueu-pteryx* da ardósia de Solnhof, o pitecantropo de Java e o peixe anfioxo *Amphioxus lanceolatus* do qual Haeckel falava com emoção em suas preleções, como sendo o "tronco primitivo e venerando do gênero humano". Até 1950 200 milhões dessas môscas foram cultivadas e pesquisadas, existindo uma revista especializada de nome "Drosófila" através da qual os drosofilósofos de todos os países trocam idéias acêrca da mosquinha na

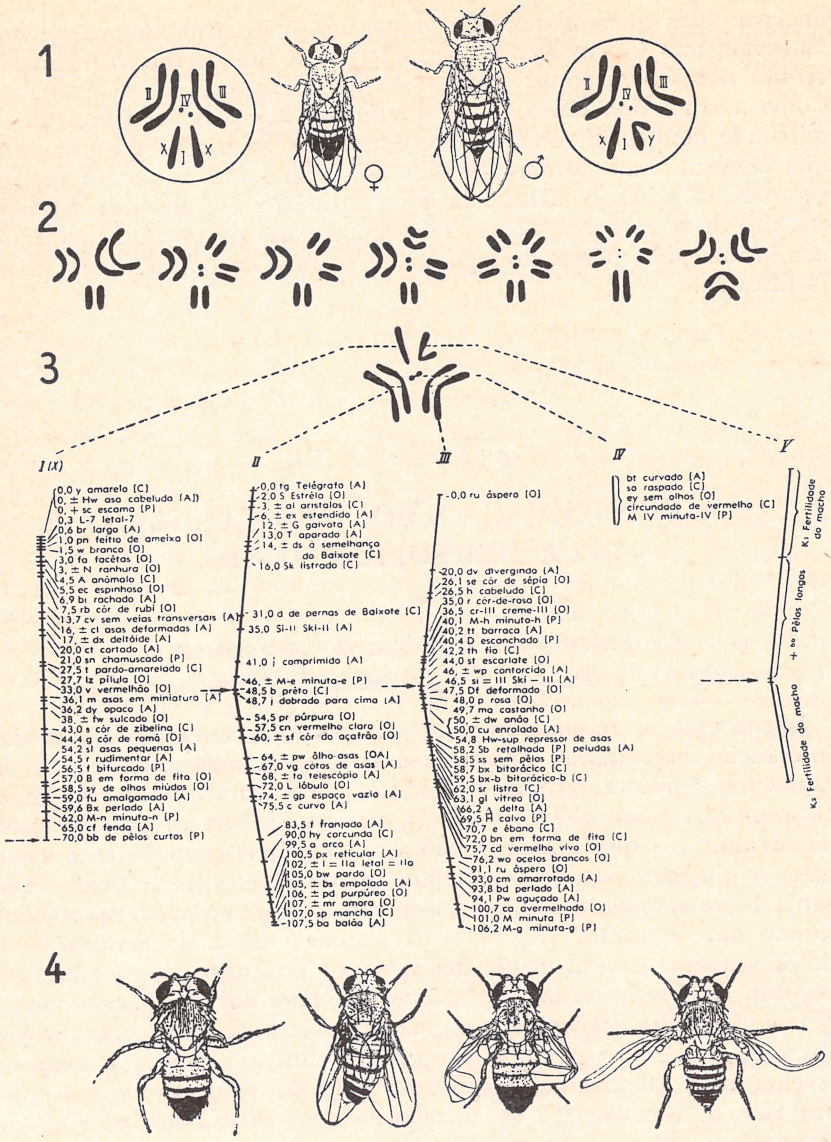


Fig. 143 — A DROSÓFILA, MÔSCA DO ORVALHO, O ANIMAL QUE SERVE PARA ESTUDAR A TEORIA MODERNA DA HEREDITARIEDADE (GENÉTICA). 1. A môsca do orvalho e os seus 4 pares de cromossomos, a fêmea (1) com os cromossomos 2 (X), o macho (r) com os X e Y. 2. Algumas das variedades que se encontram ocasionalmente (mutações!). 3. A distribuição dos fatôres hereditários, gens, nos cromossomos (C — corpo, A — asa, P — perna, O — ôlho). 4. Anormalidades em virtude da irradiação nas môscas e conseqüente prejuízo causado aos gens. (Composto segundo publicações do Instituto Morgan, USA).

garrafa de vinagre. Esta môsca deveria figurar no Zodíaco ao lado de Áries e o Escorpião, pois a nossa época está sob o signo da drosófila.

As suas vantagens para a pesquisa da hereditariedade são estas: ela se cria com os meios mais modestos; uma garrafa de papa de milho é suficiente para criar um povo inteiro dêsses insetos. Ela vive no ritmo apressado das môscas: em 10 dias os ovos se transformam em animais púberes, e em mais 10 dias a fêmea põe 1.000 ovos. Em um mês podem-se observar 3 gerações, o que com o homem levaria um século e, — o que é impossível fazer com o homem — registrar tôdas as modificações; pois numa môsca é fácil determinar cada particularidade. Dizer "fácil" é um conceito relativo; existem especialistas extraordinàriamente dotados e de longo tirocínio, cujo ôlho exercitado percebe se um cabelo modificou o comprimento, ou de 10° o seu ângulo em relação ao eixo do corpo.

Mas a grande vantagem da drosófila são os seus cromossomos. Ela só possui 4 pares e dêstes um par tem forma de ponto e outro par também se pode distinguir, de modo que, ao contrário da maioria de outras criaturas, se pode observar cada cromossomo, isoladamente. Finalmente, encontram-se, por um motivo que ainda não está claro para nós, nas células das glândulas salivares cromossomos que são 200 vêzes mais longos, mas que em princípio estão normalmente constituídos, de modo que se vêem os cromossomos como se fôssem aumentados por projeção. É como se o Mestre tivesse incluído uma fôlha desdobrável no livro de figuras da natureza.

As môscas são objetos ideais para pesquisar as modificações do corpo, mas para observar as alterações biológicas invisíveis na estrutura molecular do plasma os sêres mais simples são mais adequados. A fim de estudar as relações entre o metabolismo e a vida sexual, Jennings escolheu o infusório paramécia; a fim de destrinçar o processo da respiração, Buchner trabalhou com leveduras. Atualmente o pequeno cogumelo ascáforo neurospora tornou-se de tal maneira preferido, que quase se pode dizer: na eclíptica da ciência o Sol está em vias de mudar da constelação da drosófila para a da neurospora.

2) O portador hipotético da hereditariedade: o gene

O cromossomo tem a forma de um cabo (Fig. 144). Numa massa básica clara correm filamentos escuros, que se podem contrair. É a êstes que os cromossomos devem a capacidade de se mover como cobras durante a divisão. Êsses filamentos são cadeias de moléculas albuminóides, em que pendem as moléculas gigantes, as quais produzem suas semelhantes. Listas transversais de combinações fosfóricas, desenhadas no primeiro plano à esquerda em côr branca, ligam as cadeias. As moléculas gigantes que produzem os genes não se acham espalhadas, mas se coordenam em placas que, com a coloração do preparado mi-

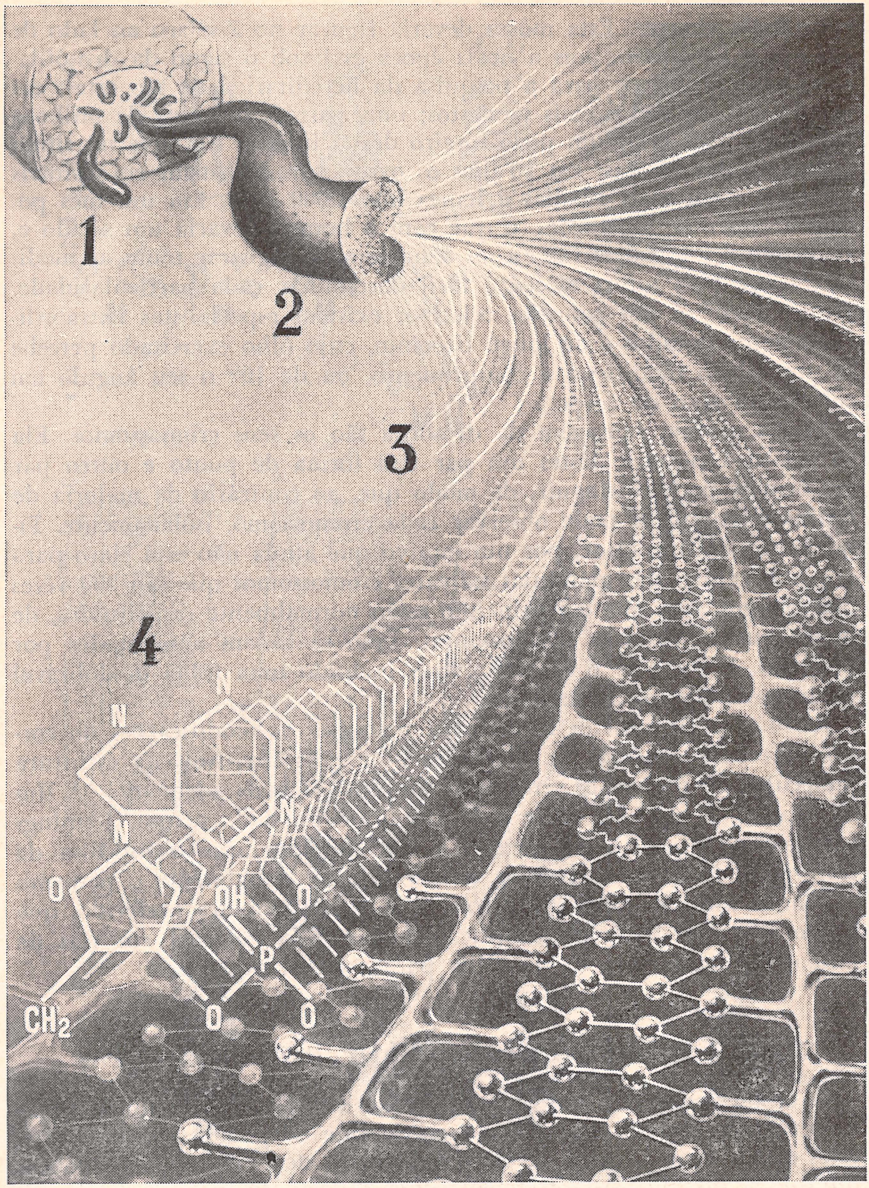


Fig. 144 — O CROMOSSOMO. Aumentado para 100. 2.000, 300.000, 4.000.000 de vêzes. As cadeias de moléculas da albumina (cordões longitudinais) acham-se ligadas por degrauzinhos transversais de albumina nuclear (sob o número 4). A ligação se faz por moléculas de ácido fosfórico. Regiões rijas (em primeiro plano) alternam-se com regiões frouxas (sem dentes laterais, 4). Das regiões frouxas partem os efeitos da hereditariedade. (Com o auxílio de modelos de Kühn).

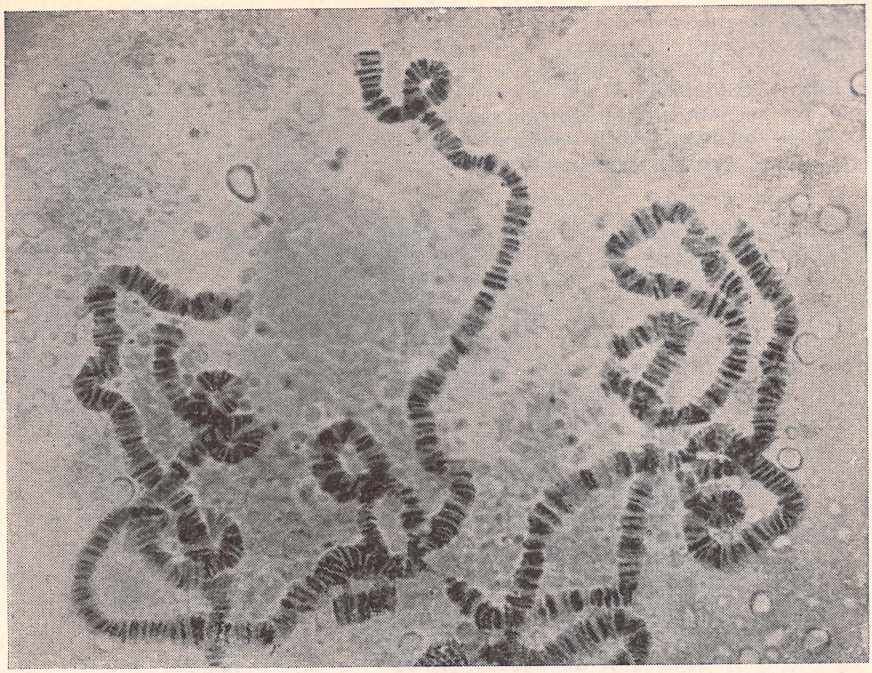


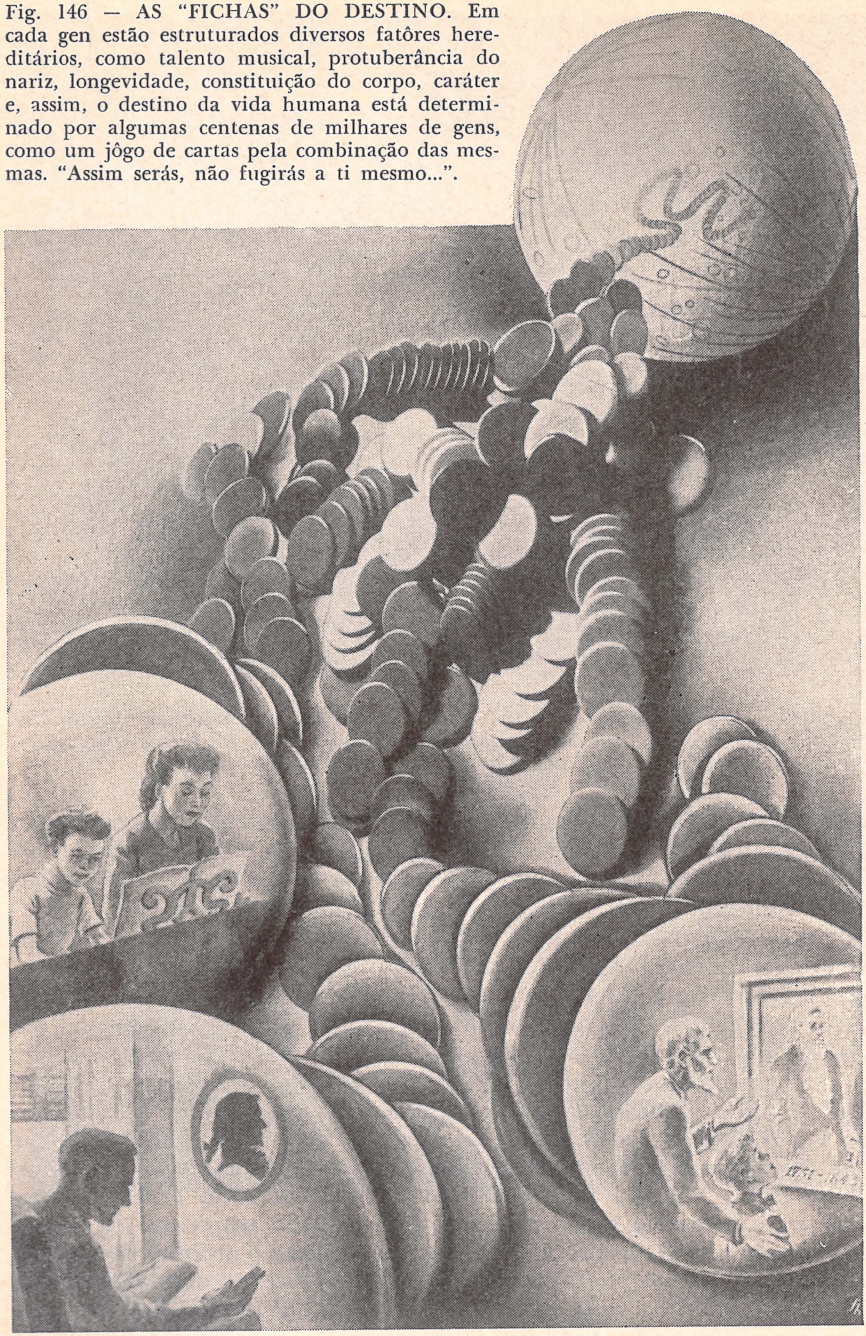
Fig. 145 — O CROMOSSOMO SOB O MICROSCÓPIO. Microfotografia de um cromossomo da glândula salivar da drosófila aumentada mais ou menos 1.000 vêzes. As "placas" escuras correspondem às regiões frouxas na fig. 144.

croscópico, se tornam escuras. Por isso o cromossomo aparece como uma conseqüência de seções claras e escuras (Fig. 145). Desde que os genes constroem o nosso ser, e possibilitam a nossa vida, êles podem ser designados como as "fichas do destino" (Fig. 146).

As moléculas gigantes se mostram, como é de se esperar, extremamente sensíveis. Basta mudar a temperatura, produzir um "choque de calor" ou dirigir-lhes raios ricos de energia para causar uma estratificação de grupos atômicos e com isso conseguir alterar qualidades hereditárias.

Em um cromossomo se encontram 300 milhões de moléculas gigantes. A fim de imprimirmos as suas fórmulas estruturais de acôrdo com a Fig. 135 uma após a outra, haveria necessidade de 10.000 volumes de 500 páginas cada um para enumerar os genes de *um* cromossomo. Uma célula humana contém 48 cromossomos, portanto 10.000 milhões de genes. Como o corpo humano, não levando em conta as células sanguíneas em flutuação, contém mais ou menos 5 trilhões de células, trabalham em nós cêrca de 5×10^{17} genes. Êsse número elevado de 10.000 milhões de genes em cada célula explica-se pelo fato de cada molécula não poder produzir outra coisa senão o correspondente de

Fig. 146 — AS "FICHAS" DO DESTINO. Em cada gen estão estruturados diversos fatôres hereditários, como talento musical, protuberância do nariz, longevidade, constituição do corpo, caráter e, assim, o destino da vida humana está determinado por algumas centenas de milhares de gens, como um jôgo de cartas pela combinação das mesmas. "Assim serás, não fugirás a ti mesmo...".



si mesma. Cada processo químico no corpo vivo exige, já que êle ocorre em diversas fases e necessita para cada ato dispositivos especiais, tôda uma série de moléculas, que devem ser constituídas pelos genes. Quando o cogumelo neurospora constrói uma molécula de albumina êle necessita de moléculas do aminoácido triptofan. Para obter êste, o primeiro gene tem que lhe fornecer um dispositivo que transforma ácido antranílico em indol. Um segundo gene fornece o grupo atômico seguinte, pelo qual o indol se combina com o aminoácido serina, originando o triptofan. Quando o filamento muscular procura decompor uma molécula de glicogênio em açúcar e êste em ácido carbônico e água, torna-se necessária uma dúzia de dispositivos diversos, sendo cada um construído por uma molécula gigante especial. Dessa maneira processam-se em nosso corpo diversas centenas de milhares de reações químicas, uma ao lado da outra ou entremeadas.

Quando a traça da farinha quer formar o seu pigmento pardo ela emprega inicialmente o triptofan como material. Êste é transformado em primeiro lugar no alfa-oxi-triptofan. Depois 3 outros genes devem enviar cada um, um dispositivo. Se a traça deixa de receber um só dêles, ou se o gene fornece uma molécula diferente, então acontece com a traça o que se dá com o mecânico que a certa altura é obrigado a renunciar à armação de um motor, por lhe faltar a chave de parafuso adequada. A formação de material corante falha e então, em vez de um animal colorido, surge um "albino" incolor. Os processos vitais seguem a mesma regra em tôdas as criaturas. Tôdas elas são portadoras de genes que produzem as mesmas moléculas, e dessa maneira iniciam os mesmos processos vitais. Isto leva à conclusão de remota idade histórica do gene e de uma genealogia das criaturas que se perde nas épocas da pré-história. No século XVIII começou a observação moderna do corpo humano com o livro, històricamente meritório e de certo valor científico, embora um pouco primário de La Mettrie "L'Homme Machine". No século XIX descobriram a célula, tendo-se descrito o homem como um sistema celular. O nosso século terá a fama da descoberta do gene e de ter apreendido a sua significação. Consideramos o homem agora como uma espécie de fábrica gigante em que os genes fornecem os dispositivos atômicos, com os quais o corpo realiza um sem-número de processos-chaves altamente complicados. E assim progride o conhecimento de século para século.

3) Os genes distribuem-se conforme regras descobertas pelo monge Mendel: as Leis de Mendel

Em 1859 apareceu a obra de Darwin "Sôbre a Origem das Espécies". Nesse livro êle se queixa de que "as leis que dominam a hereditariedade são francamente desconhecidas". Na mesma época, porém, vivia em um claustro da Boêmia um físico — note-se: um físico — que se achava na pista dessas leis. Entrara na ordem como filho de pobres

camponeses, a fim de obter os meios para estudar, tendo conseguido cursar, em Viena, física, matemática e um pouco de biologia. O que ia fazer um físico em um claustro da Boêmia? Passou a plantar na horta fileiras de ervilhas, cruzava-as e mantinha uma "contabilidade" sôbre a descendência "bastarda". Com o seu bom preparo matemático e a sua rara habilidade para trabalhos científicos, êle verificou que a hereditariedade dos caracteres do indivíduo é determinada por 3 fatôres.

Primeiro: Os característicos dos pais só se misturavam aparentemente; na verdade ordenam-se os caracteres hereditários isolados como as cartas de baralho e no decurso de gerações êles se separam de acôrdo com certas regras.

Segundo: Assim como as cartas no jôgo, os caracteres hereditários possuem diferentes valores. Há "trunfos" que batem tôdas as outras cartas, dominam sempre e por isso são chamados *dominantes*. Há os fracos, como o seis e o sete no jôgo, que nada valem, sempre retrocedem e por isso se denominam *recessivos*. Há os valores médios, caracteres hereditários que, conforme a combinação, dominam ou são dominados, podendo ser dominantes ou recessivos. É fácil de guardar se nos lembrarmos da escala musical dó, ré, mi dominante, recessivo, mediano. É preciso ficarem bem claros os conceitos de dominância e recessão, pois são importantes. O prêto é dominante diante do branco. Pode-se tingir um pano branco de prêto, mas um pano prêto não pode voltar a ser branco. Também na hereditariedade o prêto domina. Se o louro e o moreno se encontram, o moreno sempre vence. Uma criança só pode tornar-se loura se o gene que auxilia a fabricação da matéria morena falta. É dominante o fumo sôbre o perfume das flores. Na mistura de fumo e flores, o fumo sempre dominará. Pode-se transformar um quarto rescendendo a violetas em uma sala de fumo, mas não se consegue dispersar o fumo por meio do odor de violetas. É dominante o Sol sôbre as estrêlas. Quando o Sol surge, a luz das estrêlas empalidece, mas as estrêlas não desaparecem. A sua luz volta depois que o Sol se deita — e nisto consistiu a terceira descoberta de Mendel: as qualidades recessivas se desvanecem, mas não desaparecem. Elas voltam quando as qualidades dominantes não as reprimem. Elas se comportam como os ratos numa casa. O ser humano é dominante. Enquanto há gente andando pelos quartos, os ratos ficam escondidos em seus buracos, porém

"Quando o aldeão está na taverna;
Os ratos pulam para a mesa e os bancos."

Dessas três descobertas Mendel deduziu 3 leis, que se denominam as Leis de Mendel ou as Regras de Mendel, por oferecerem certas variações. Mendel constitui excelente exemplo para a diferença entre descoberta e explicação. Êle descobriu as leis da hereditariedade, mas não as compreendeu. Naquele tempo ainda se desconhecia o núcleo da célula, a fecundação e, naturalmente, tudo acêrca do gene.

A criança é produzida pela reunião de uma célula da mãe com uma do pai. As células que se fundem denominam-se células sexuais. Se estas se unissem com o seu conteúdo normal de cromossomos, resultaria uma célula com o número dobrado. A fim de evitar isso, as células sexuais dividem ao meio o número de seus cromossomos antes de se unirem (Fig. 147).

Na ilustração foram apresentados sêres humanos, a fim de se fazer conhecer ao mesmo tempo a determinação do sexo no homem. mas em vez dos 24 pares de cromossomos do homem desenharam-se os 4 pares da môsca de orvalho por serem mais fàcilmente observáveis. O par inferior, que no homem e na mulher têm conformação diferente, determina o sexo da criança. Os dois cromossomos sexuais maternos têm forma igual, os paternos são diferentes. O cromossomo recessivo do pai tem a figura de um Y e se denomina cromossomo Y. O outro, que se assemelha aos cromossomos sexuais da mãe e não sòmente se assemelha mas constitui o cromossomo feminino herdado da mãe denomina-se o cromossomo X. No corpo da mulher não se encontram cromossomos Y. O cromossomo Y é portador do fator hereditário "masculino" e é dominante. Onde surge o cromossomo Y, o organimo se torna masculino.

Na segunda série nota-se como as células sexuais se dividem ao meio, preparando-se para a fecundação. As meias células maternas contêm cada uma um X; das células paternas uma metade celular contém um X e a outra um Y. Nesse momento verifica-se a corrida das células fecundantes em direção ao óvulo. Se a célula fecundadora é portadora de X, será

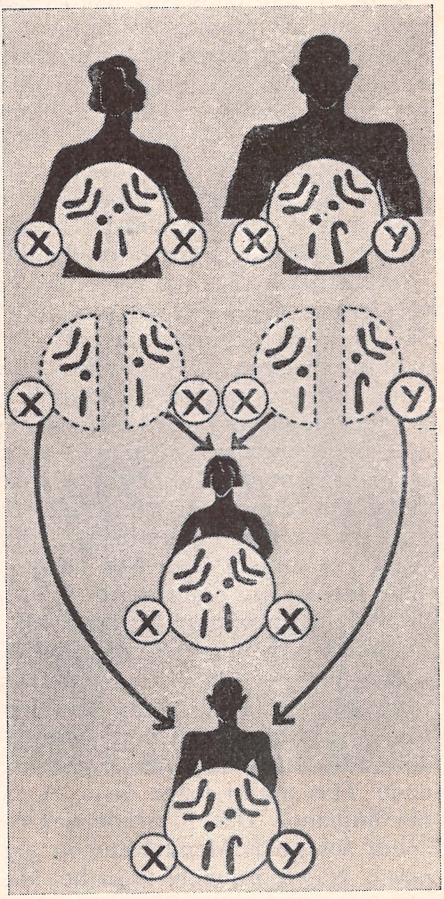


Fig. 147 — A DETERMINAÇÃO DO SEXO PELA DISTRIBUIÇÃO DOS CROMOSSOMOS. O problema de a criança ser homem ou mulher resolve-se no momento da fecundação pelo pai. Conforme o que traz a célula fecundadora masculina — cromossomo X ou cromossomo Y — o gen será masculino ou feminino (V. Fig. 143, 1).

concebida uma menina. Se é uma célula com Y a vencedora, será concebido um menino.

Se um rato branco se cruza com um cinzento encontram-se também aqui células divididas ao meio (Fig. 148 A). As metades de célula do rato cinza são portadoras do fator cinza (1, 2), as metades de célula do rato branco do fator branco (3, 4). Em todo caso, no momento da reprodução os fatôres cinza e branco se encontram (B). O cinza é dominante; portanto todos os filhotes dessa mesclagem são cinzentos ou, conforme Mendel formulou de modo geral: após a união de dois indivíduos, dos quais um é portador de um fator dominante, verificam-se na primeira geração descendentes exclusivamente caracterizados por êsse fator dominante. Nas ervilhas domina a côr vermelha da flor; portanto, no cruzamento de ervilhas de flor branca e flor vermelha, teremos ervilhas de flor vermelha. As células, com efeito, trazem ambos os fatôres hereditários, mas o vermelho domina o branco.

Ora, no corpo dêsses híbridos as células sexuais se dividem ao meio, separando-se então os dois fatôres. Devido a isso, uma metade de célula sexual é portadora do fator dominante (1 e 2) e a outra metade do fator recessivo (3 e 4). Na união dos híbridos entre si, verifica-se em C, segundo o cálculo das probabilidades, que nascem na 3.ª geração: 25 % branco + cinza = cinza, 25 % cinza + cinza = cinza, 25 % cinza + + branco = cinza, 25 % branco + branco = branco. Vemos pois que de ratos cinzentos, sendo na verdade mestiços, aparecem filhotes de côr branca que são brancos legítimos, pois em suas células só possuem "cromossomos brancos" e quando acasalados entre si jamais conceberão um rato cinzento. Dos ratos de côr cinza, porém, aquêles que trazem os fatôres "cinza mais cinza" são ratos cinzentos legítimos e se reproduzirem entre si só produzirão ratos dessa côr. Mas os 50 % de mestiços que surgem cinzentos nessa geração reproduzirão entre os seus descendentes um e outro rato branco desde que os fatôres "branco mais branco" se encontrem. O fator recessivo branco "mendeliza" de novo, conforme a expressão técnica, isto é, reaparece.

Ora, seria de crer que a um homem que estudou intensamente durante 10 anos, tendo feito descoberta tão importante e formulado por fim a sua teoria matemàticamente em 3 leis, todo o mundo tivesse abraçado entusiàsticamente para agradecer-lhe em nome da humanidade. Mas muito longe disso. A ciência é nobre, porém os cientistas são humanos. Das 40 academias e dos expoentes da ciência daquela época aos quais Mendel enviou seu trabalho, não recebeu sequer resposta. Não porque o trabalho fôsse mau, mas porque ninguém conhecia o seu autor. Quem era êsse Mendel que, sendo físico, ousava fazer biologia? Naegeli, botânico que naquele tempo tinha o título de "o grande", pôs o trabalho de lado com a observação: "São conclusões precipitadas"... Precipitadas — e Mendel havia trabalhado metòdicamente durante 10 anos. Os livros da especialidade sempre informam que os trabalhos de Mendel caíram no esquecimento — jamais receberam atenção. Sòmente 25 anos depois de sua morte foram desco-

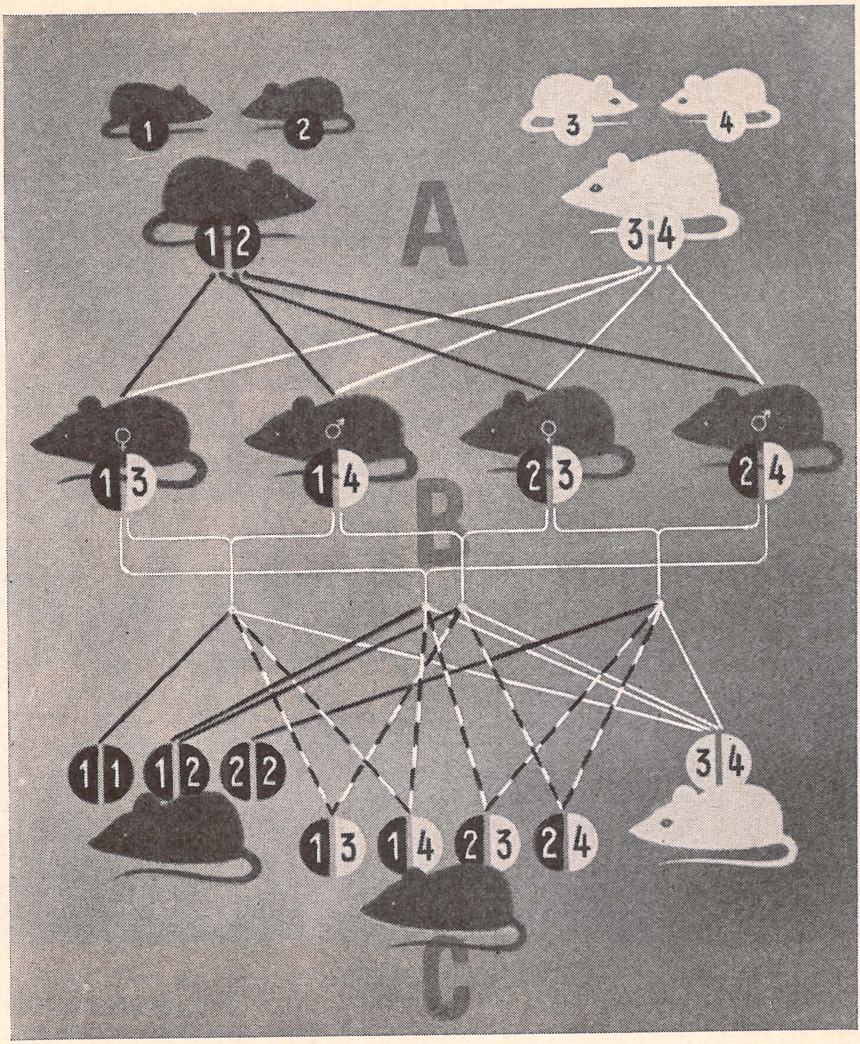


Fig. 148 — AS TRÊS LEIS DA HEREDITARIEDADE DE MENDEL (MENDELISMO). A — Os fatôres hereditários dos pais, 1 e 2 do rato cinzento, 3 e 4 do rato branco, não se misturam na fecundação, mas
B — Os fatôres dominantes mais fortes 1 e 2 do rato cinzento, subjugam os mais fracos 3 e 4 do rato branco e surgem então exclusivamente ratos cinzentos.
C — Na terceira geração os fatôres mais fracos do rato branco 3 e 4 surgem de novo em franca "pureza de raça", quando se encontram livres dos fatôres mais fortes 1 e 2.

bertas as mesmas leis por 3 biólogos que independentemente trabalhavam nessa pesquisa. Descobriu-se então que um físico de nome Mendel já havia divulgado essas leis 33 anos antes. Assim Mendel, que em vida passou completamente despercebido, tornou-se tão famoso que o seu nome formou um verbo: "mendelizar".

Mendel teve a sorte de suas ervilhas brancas no cruzamento com as vermelhas; diante da dominância da ciência oficial, um monge desconhecido era naturalmente recessivo e assim, de acôrdo com a lei por êle descoberta, desapareceu durante uma geração, para sòmente regressar na próxima. O próprio Mendel "mendelizou".

4) Os genes podem ser observados através da árvore genealógica das gerações

Meninas são concebidas quando o cromossomo X materno se une com o cromossomo X paterno, que, na realidade, não é originário do pai e sim da mãe do pai. Meninos são concebidos quando o cromossomo X materno se une ao cromosso Y do pai, pois êsse é portador do fator dominante "masculino". Fora dêsse fator êle não traz pràticamente nada: É vazio, porque contém poucos genes que são todos recessivos. Qual a conseqüência natural disso? Se o X materno é portador de quaisquer fatôres dominantes por mais fracos que sejam, êstes se desenvolvem no menino, porque o Y vazio não lhes opõe nenhum gene contrário. Mas quando o X materno se encontra com um X paterno, originário da mãe do pai, e é concebida uma menina, os genes maternos encontram resistência nos genes igualmente fortes do outro X. Assim é que certas qualidades hereditárias, que se acham associadas ao cromossomo X da mãe só se manifestam em meninos, desvanecendo-se recessivamente em meninas. Através dessas relações extraordinàriamente simples e propícias foi possível descobrir quais os genes instalados por cromossomos X da mulher (Fig. 149). No cromossomo X da mulher acham-se entre outros os genes da cegueira para a côr, da hemofilia e certas formas da miopia. O pai da árvore genealógica na Fig. 149 é míope por cromossomo X. O filho tornou-se filho porque herdou o Y e não o X doente e não pode, portanto, ser míope. Entre os seus descendentes a "doença hereditária" do pai jamais pode surgir, pois o gene doente X não foi herdado, não existindo nessa "linha". Ao contrário, a filha recebeu o X patológico. Mas a miopia não aparece nela, pois herdou também um X da mãe e êsse gene se contrapõe ao outro, é dominante e anula o fator doentio.

A mulher tem 3 filhos, dois rapazes e uma moça. A filha herdou o X doentio, mas não é míope, porque ela recebeu um cromossomo X sadio do pai que anula o fator recessivo patológico. Dos dois filhos, um que recebeu o X sadio materno é normal e todos os seus descendentes estão livres do fator mórbido, pois o fator hereditário patológico não existe mais nessa "linha". O outro, porém, herda da mãe o X doente

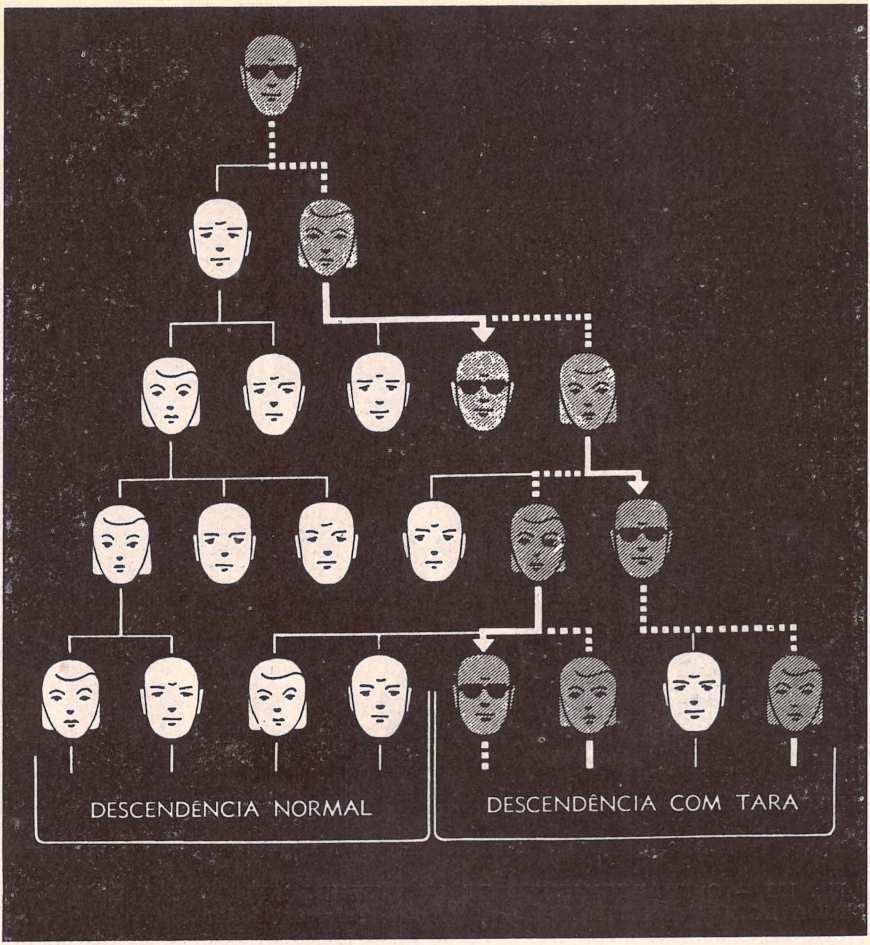


Fig. 149 — OS CAMINHOS SINGULARES DA HEREDITARIEDADE — DESVENDADOS! (Explicação no texto).

e como o Y paterno é "vazio", não opondo gene dominante ao gene recessivo, a miopia se manifesta nêle.

Entre os descendentes da filha que não é míope, mas portadora do X doente, a miopia se manifesta de acôrdo com a mesma fórmula: as filhas não podem ser míopes, porque as mulheres possuem 2 cromossomos X e o X sadio impele o fator recessivo sempre para o fundo. Os filhos homens são míopes numa proporção de cêrca de 50 %, isto é, quando herdam da mãe o X patológico. A transmissão da doença do avô doente por intermédio da filha aparentemente sadia para o neto é o tipo hereditário de várias enfermidades.

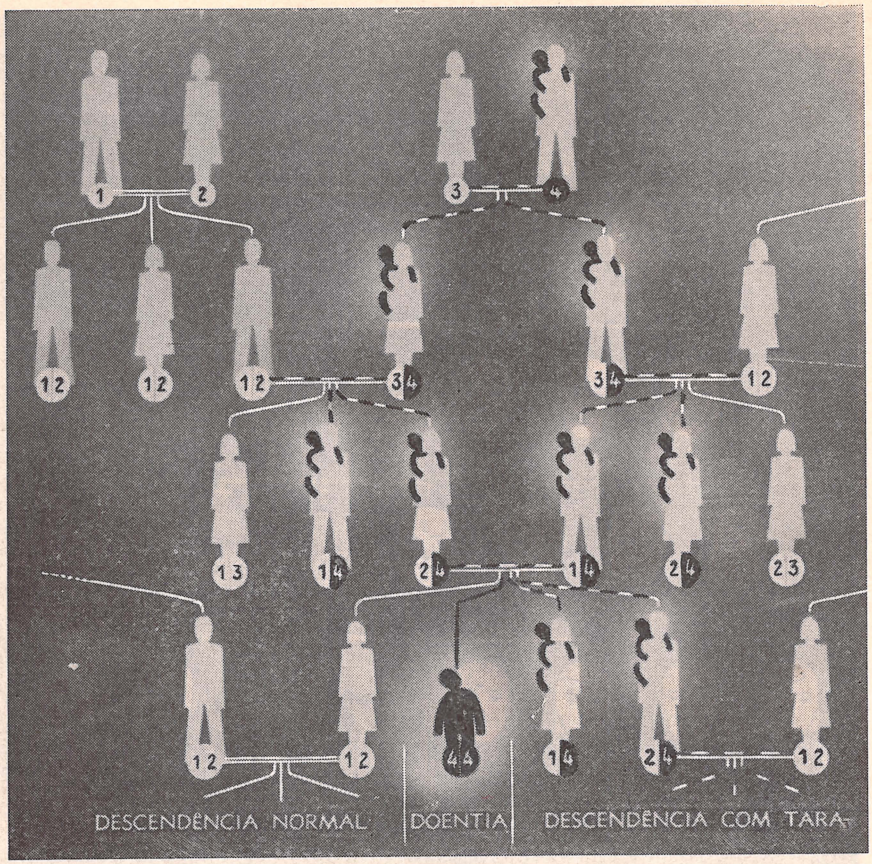


Fig. 150 — O APARECIMENTO DE UMA TENDÊNCIA PARA A DESPERCEBIDA DOENÇA MENTAL APÓS 400 ANOS. Em uma família suíça de pais aparentemente normais surgiu uma série de filhos idiotas. A pesquisa da hereditariedade verificou que o casal há duzentos anos atrás tivera um antepassado comum que evidentemente era portador de um fator fraco recessivo da idiotia originário de fonte mais antiga ainda (4). Êste manifestou-se pela primeira vez com o casamento de dois descendentes que eram ambos portadores dêsse fator 4, sem o saber, pois êles eram apenas "predispostos" hereditàriamente.

A Suíça é uma região ideal para a pesquisa em famílias, por ser um país pequeno, com uma população estável e conservadora, cujos ramos genealógicos se podem acompanhar bem, sendo que casamentos entre parentes não eram raros antigamente. A Suíça é pois um dos países clássicos para a pesquisa nas famílias. Em uma dessas parentelas até agora sadias começam a aparecer no século XX, de modo inesperado, casos de idiotia (Fig. 150). Os pais afirmam jamais ter ouvido falar em idiotia na família. E a pesquisa confirmou a verdade dessa afirmação, pois ambas as famílias eram sadias desde há cem anos. Os ho-

mens e as mulheres que nesses cem anos se casaram não tinham também parentesco uns com os outros. Mas, seguindo a árvore genealógica da mãe até o ano de 1705, chega-se a um antepassado que viveu na mesma aldeia de Bünden em que viveu um antepassado do pai e êsses dois eram primos, tinham portanto um avô comum. Êste deve ter sido portador de um gene "idiotia" recessivo que permaneceu irreconhecido (na Fig. 150, 4). Enquanto os seus descendentes, como êle, se casavam com pares sadios o fator recessivo 4 não se podia manifestar, pois era sempre repelido por um fator dominante "sadio" 1, 2 ou 3. Mas êle se transmitiu a cêrca de 25 % da descendência, sempre recessivo, oculto, latente. E então veio o momento infeliz em que um dêsses descendentes, que pertencia ao número dos 25 % de portadores do gene "idiotia" (1, 4) escolheu inocentemente um par que, como descendente do antepassado comum, era portador do referido fator (2, 4). Então os filhos em que êsses dois genes, isto é, 4 + 4, se encontravam tornaram-se idiotas exatamente como o deve ter sido um antepassado qualquer nos séculos anteriores a 1705.

Se a obscuridade dos antecedentes se aclarasse, veríamos talvez no século XV um lansquenete que, de passagem da Germânia para a Itália, fecundou uma jovem idiota, com quem nenhum nativo se casaria provàvelmente. Ela deu à luz um menino normal, pois pela dominância do pai sadio o seu gene recessivo "idiotia" foi repelido. Êsse rapaz "normal", por sua vez, casou-se, tornando-se o propagador clandestino do gene "idiotia". Após 4 séculos êle "mendeliza", isto é, se manifesta, porque descendentes comuns se casaram e a sociedade de 1950 paga o tributo de uma noite de prazer fruída por um lansquenete de passagem na casa de um camponês de Bünden há meio milênio.

Os casos que correspondem a êsse esquema não são nada raros. Em outra família suíça, cuja árvore genealógica se pôde conhecer até 1641, começam a nascer, após 8 gerações de gente normal, 9 crianças surdas-mudas; em outra surgem, sem qualquer relação aparente, 10 microcéfalos. Causa em ambos os casos: encontro de dois genes recessivos até ali ocultos devido ao casamento de dois descendentes do mesmo antepassado. A procriação consangüínea não é em si mesmo uma coisa errada ou um mal. Por tôda parte em que os homens viviam encurralados e ainda vivem, em tôdas as cidades medievais, castelos e *guetos,* entre todos os habitantes de tendas, marujos, povos nômades, nas aldeias das montanhas, nas ilhas do Mar do Norte, em todos os oásis africanos e asiáticos há a mais estreita procriação consangüínea até mesmo incesto, isto é, relações de filhas com pais e de irmãs com irmãos, um fato que pela sua freqüência se pode quase considerar normal e que se resolve, habitualmente, pelo casamento da moça grávida. Ainda hoje existem no mundo ocidental, como em quase tôdas as populações árabes, comunidades em que todos são cunhados entre si, não havendo o menor vestígio de degeneração, até menos do que em nossas grandes cidades, onde o incesto é exceção. Na aldeia do Tessino de nome Bosco-Gurin, segundo um pesquisador suíço, "todos

são parentes entre si e não se nota o menor vestígio de degeneração. Não existe idiotia e nenhuma doença mental e não há mesmo uma família sequer que obrigasse a comunidade a sustentá-la".

O incesto só se torna perigoso quando se insinuaram maus fatôres hereditários. O criador de animais separa os exemplares inferiores da reprodução. Os animais costumam comer os filhotes imprestáveis ou lhes negam alimentação. Os povos primitivos preservaram-se instintivamente da decadência da raça por processos próprios, isto é, destruindo parte de seus descendentes logo após o nascimento. Em Canaã atiravam-nos às fauces incandescentes de Baal, na Grécia os abandonavam no Taigeto, em Roma lançavam-nos de cima da rocha Tarpéia. Enquanto isso, no nosso mundo ocidental ninguém se importa de deixar morrer de fome verdadeiros gênios e em permitir que gente capaz entre professôres, matemáticos, poetas, músicos, etc. seja tão mal remunerada que se vê obrigada a restringir a sua prole. Em compensação os idiotas são criados como preciosidades e os fracos de espírito andam por tôda parte e se reproduzem com uma intensidade 3 vêzes maior do que os fortes de espírito, que são aliás os que os sustentam.

As epidemias são vencidas, as doenças infecciosas despidas do seu terror; as mães não precisam temer, como há pouco tempo ainda o faziam, de entrar na maternidade como se ali as esperasse uma semi-sentença de morte. Em compensação a generalidade está cada vez mais impregnada de maus genes: 4 % da população são fracos de espírito! Em cada vinte casamentos um dos cônjuges veicula o gene do "surdo-mudo", em cada trinta o da epilepsia. Seria de desejar que no dia do casamento fôssem exibidos os genes de cada um dos noivos, em vez dos talheres de prata e das toalhas de linho bordadas.

Capítulo XXVI

A MODIFICAÇÃO DO TIPO CELULAR PELO AMBIENTE E MUTAÇÃO

1) Poder e limites da hereditariedade

Os genes exercem um poder formidável, mas também dêles se pode dizer: "Tem limite o poder tirânico".

A primeira limitação dos genes surge no momento da reprodução. Os genes do pai formam pares com os da mãe, e então pela ligação êles perdem a liberdade, exatamente como acontece aos cônjuges. Os cromossomos da criança não são formações uniformes, pois na ocasião da fecundação êles se compõem de meio cromossomo materno e de meio

paterno. Também êles formam pares de "noivos" ou, como se diz em ciência: "são copulativos". Já vimos no exemplo da miopia como o defeito no cromossomo X do pai é repelido pela copulação com o cromossomo X da mãe. Assim como acontece a essa qualidade hereditária dá-se o mesmo com 20.000 outras. O "dez" de um jôgo de cartas é considerado carta alta quando "domina", mas coitado dêle quando o outro parceiro lhe sobrepõe um "ás".

O segundo fator limitador é a ligação do gene com os seus vizinhos. Os genes não trabalham sòzinhos e sim apresentam-se relacionados com mil outros em cada "lâmina de pérolas". Nestas os genes acham-se reunidos sem sentido orgânico — que é uma descoberta surpreendente. Estude-se o "mapa cromossômico" da Fig. 143. Numa lâmina estão juntos um gene que ajuda a tingir o corpo de amarelo, um gene para os pêlos da asa e um gene para a escama da perna. A fim de que a drosófila possa formar a matéria corante de seu ôlho, torna-se necessário que 50 genes forneçam frações que, obedecendo a plano certo, se compõem formando a molécula gigante da matéria corante do ôlho. Êsses genes não só se acham espalhados sôbre diversas lâminas como estas também sôbre todos os 8 cromossomos. Por isso as propriedades hereditárias se manifestam sempre em grupo. Quando uma criança nasce com 6 dedos, ela tem sempre cabelos pretos, pois êsses dois genes acham-se sempre na mesma lâmina. Quantos outros mais os acompanham não sabemos, pois crianças de 6 dedos são raras para serem observadas. Quando um rato "dança", isto é, em conseqüência de uma perturbação hereditária em vez de correr em linha reta se põe a correr em círculo, êle tem sempre pêlo branco. Os gatos brancos machos que possuem olhos azuis sofrem de surdez, pois êsses 3 genes são copulativos.

O terceiro fator limitador é a linha vital. A vida do organismo não transcorre como a de uma máquina e sim como uma tempestade que é a conseqüência de acontecimentos sucessivos que obedecem a leis: Procriação, desenvolvimento no ventre materno, as semanas de lactente, os anos de folguedo infantil, idade escolar, puberdade, etc. Nessas diversas fases, os diferentes genes mudam de significação e efeito. No embrião dominam os que fornecem matéria de crescimento; na criança os genes sexuais são recessivos, na puberdade tornam-se dominantes, enquanto os do crescimento recuam. Na idade avançada os genes sexuais tornam-se recessivos e então os genes que até ali se achavam recalcados, se manifestam. Os homens perdem o tom marcial da voz, nas mulheres brotam pêlos da pele murcha, pois em ambos os sexos os genes até agora dominantes perdem o poder sôbre os genes recessivos do outro sexo. Goethe disse o seguinte da História Universal: "Trata-se de uma fuga, em que os diversos povos como vozes entram sucessivamente". Assim pode-se dizer da vida que é uma fuga em que as vozes dos genes tomam a direção uma após outra.

O quarto fator limitador é o ambiente. Como meio ou ambiente se designa a soma de fatôres externos que agem sôbre o ser vivo, como clima, alimentação, forma de vida e vivências. Os efeitos do ambiente podem ser tão fortes que existe há muito tempo uma disputa entre os adeptos da teoria da hereditariedade, sôbre se o destino de indivíduos e raças é determinado em maior grau pelos genes que agem de dentro (causas endógenas) ou pelos fatôres do mundo externo (causas exógenas). As influências de meio e destino são irrefutáveis. As borboletas mudam de côr, conforme a temperatura e a estação do ano em que surgem. As plantas mudam a côr de seus brotos desde que se modifique a temperatura do seu ambiente. Vermes, insetos, caranguejos, e mesmo alguns peixes alteram o seu sexo quando as condições de vida se modificam, justamente porque nêles os genes sexuais não são ainda definitivamente dominantes ou recessivos como nos animais superiores.

Também no homem espreitam, latentes, genes recessivos a ocasião de, conforme a idade, o meio, o destino do indivíduo, surgir com maior ou menor intensidade. São muitos os que, conforme nos demonstram as tábuas genealógicas, constituem carga perigosa, como se fôssem cobras que o caçador traz dos trópicos e que se acham dentro de caixas no fundo do porão de um vapor. Quando o calor no interior do barco se eleva, os preguiçosos reptis tornam-se vivazes e se há uma tormenta que faz as caixas estalarem, elas deslizam através das fendas, aparecendo no convés — que pânico!

Certa mocinha, entre outros genes possui uma disposição oculta para a neurose circular; a vida até aqui era tranqüila para ela, mas veio o noivado. Entre as ondas de felicidade e os abismos do desespêro, ela é arrancada de um para outro estado de espírito e então manifesta-se nela como psicose típica a "mania do noivado". Outro caso: Um jovem de família predisposta hereditàriamente, faz o seu exame; o mêdo e o excesso de trabalho alteram-lhe o equilíbrio, isto é, o dos seus genes e a tendência latente para a doença mental, que já se manifestara "em um tio também", irrompe. Um dos exemplos clássicos é o destino de Hölderlin. Digo clássico, porque, à semelhança de 100 anos depois com Nietzsche, se pode acompanhar pelos escritos e confissões voluntárias de um homem superior e testemunho das pessoas do seu ambiente preocupadas com êle, a perturbação progressiva da vítima como se fôsse uma demonstração representada pela História. E há documentos revelando as profundezas da alma e de tal clareza que nos casos comuns seria quase impossível obter. Hölderlin trazia consigo o fator recessivo da esquizofrenia. Se a sua vida tivesse transcorrido calmamente, a doença provàvelmente não chegaria a se desencadear. Mas a sua juventude foi uma cadeia de lutas, derrotas e abalos interiores. Ainda não completara 10 anos de idade e já vira morrer o pai e o padrasto. As mulheres com a mentalidade estreita da sua família da pequena burguesia obrigaram o menino órfão de pai a estudar teolo-

gia contra sua vocação. Após terminar os estudos fugiu de casa para escapar ao destino do emprêgo em perspectiva. "Procurando a terra dos gregos com a alma", peregrinou até Weimar e, auxiliado por Schiller, conseguiu uma colocação com a senhora von Kalb. Mas sentiu arrepios à sombra dos Titãs que, ao contrário de sua veia que corria parcamente, escreviam fácil e febrilmente. Era amargo confessar-se a si mesmo: "Tu também querias algo mais, mas o amor curva-nos a todos / O sofrimento dobra-nos com violência maior / Para cima ou para baixo..."

A mulher que amava e imortalizou com o nome de Diótima era casada, dona de uma casa abastada, onde êle era o pobre preceptor. A fim de fugir a tudo e a todos mudava sempre de emprêgo, pois sua natureza era de tipo problemático, muito pequena para a tarefa que se impõe e grande demais para aquela que a vida lhe oferece. Por fim aportou ao fim do mundo daquela época, em Bordéus, para se tornar ali, por solicitação do cônsul, professor da colônia alemã. Quando se soube que êle havia estudado teologia, esperava-se que também cuidasse das almas daquela comunidade sem pastor, o que o fêz fugir novamente, a pé, sem recursos, através da França inóspita. Desde então não se tem mais notícia dêle a não ser um último grito de socorro como o bilhete na garrafa de um náufrago: "Sôbre as terríveis alturas de neve da Auvergne, entre a tormenta e a selva numa noite fria, tenho o revólver carregado perto de mim, sôbre a cama agreste". Meses depois surge pelas ruas de sua terra natal um louco, de quem as crianças fogem, um furioso que necessita de vários homens para dominá-lo. Dificilmente os amigos reconhecem nessa figura desleixada e transtornada o poeta da canção do destino de Hiperion: "Viveis lá em cima na luz / Em chão macio, ó gênios divinos! / ...Sem destino... / Mas a nós é dado / Não descansar em parte alguma / Os homens, sofredores, desaparecem, tombam / A êsmo de uma hora para outra / Como a água que cai de rocha em rocha / Anos a fio para o desconhecido".

Nenhum homem antes da descoberta do gene escreveu tantas vêzes a sílaba *"gen"* e com tanto carinho a tratou. "E há sempre um gênio que abençoa os gênios amigos e mora com êles, e ainda que clamassem tôdas — essas fôrças de gênio indócil — o amor estaria lá sempre". Mas êsse amor não é para êle, o poeta, que pede: "E não permitam que o gênio se perca / No desassossêgo e na loucura / Oh imortais que regeis divinamente os mortais / Dando a cada um o que é seu / Abençoai também o que é meu / E que Parca tão cedo não abrevie o sonho". Mas ela o terminou muito cedo, antes que completasse 30 anos com a "loucura juvenil". Durante 41 anos ainda chamejou, como na cinza de um templo grego destruído pelo fogo, a vida em ruína que se chamava Hölderlin, testemunho vivo de que não são gênios em páramos celestiais que determinam o nosso destino e sim os genes. Como se vê, é uma diferença pequena, mas fatídica. Quando começou o cristianismo houve guerras entre os aria-

nos e os atanasianos por causa da diferença entre se o filho de Deus era "homo-usios" ou "homoi-usios", isto é, se era igual a Deus ou semelhante a Deus. Hoje, ao despontar de nova época, na transformação das concepções do mundo, também se trata de uma pequena diferença: Os homens de ontem acreditavam em gênios, os de hoje em genes.

2) A maior descoberta do século em biologia: o salto quântico no gene, — mutação — a causa tão longamente procurada "para a origem das espécies"

Quase não se pode considerar simples acaso e sim como símbolo dos tempos o fato de que nas primeiras semanas do nosso século se tenha descoberto o salto quântico, independentemente, tanto na física quanto na biologia. Assim, nas culturas de plantas que Hugo De Vries, botânico da Universidade de Amsterdam, encetara, a fim de estudar as leis da hereditariedade, êle observou que entre os descendentes da onagra (*oenothera*), isto é, na espécie lamarckiana surgia uma nova variedade com ligeira modificação na forma das fôlhas sem motivo ou vantagem para a planta, pois as condições de vida não se modificaram e a insignificante alteração da forma da fôlha não poderia ter importância para a vida da planta. Como os descendentes dessa espécie bastarda "mendelizavam", deve ter-se verificado no caso a modificação de um dos genes. De Vries denominava êsse fenômeno mutação.

A comunicação de De Vries foi sensacional. Havia 2.000 anos que se ensinava o dogma: "Natura *non* facit saltus", a Natureza não dá saltos, mas tôdas as modificações se exercem segundo a fórmula: "Os menores passos nos maiores espaços de tempo". E eis que: "Natura facit saltus!" Eis que entre as onagras surge uma nova espécie bastarda com fôlhas que ainda não existiram, as quais não desaparecem mas se reproduzem de acôrdo com as leis de Mendel e então, entre as 24 espécies dessa planta, surge a 2.ª, sob o olhar humano, ao lado da "oenothera Lamarckiana", é a "oenothera De Vries"! O que se descobriu então foi nada menos do que a "origem das espécies".

A nova espécie de planta degenerescente surgiu repentinamente como um espectro das profundezas, e no ano de 1900 não havia ainda explicação para isso. Hoje nós sabemos. Trata-se de um desvio na estrutura das moléculas gigantes da substância hereditária cromatina.

É claro que outros exemplos de mutações foram encontrados. Na costa do Canal da Mancha, em 1870, havia aparecido entre duas espécies de capim selvagem, uma terceira que sofre menos com as intempéries do que as suas antecessoras, e desde então as suplantou.

Em 1881, um Sr. Logan na Califórnia observou que ao lado de suas amoras e framboesas apareceu uma nova planta com frutas, que constituía espécie intermediária entre uma e outra. Essa planta tornou o possuidor da horta imortal, pois hoje ela é cultivada sob o nome de "Loganbeere" (baga Logan).

Quando se examinaram os cromossomos dessas plantas sob a orientação da moderna pesquisa da hereditariedade, verificou-se que as duas espécies de capim mais antigas da costa inglêsa conduziam em suas células respectivamente 4×7 e 5×7 cromossomos. Havia-se desenvolvido, portanto, um cruzamento, que reunia em suas células os cromossomos das duas espécies. A amora na horta do Sr. Logan tem 28 cromossomos, a framboesa 14, a nova baga Logan $28 + 14 = 42$.

Animados por essas verificações, os cientistas resolveram obter artificialmente êsses resultados e em 1930 o biólogo sueco Müntzing teve a glória de ser o primeiro a conseguir uma cultura "superior" de duas espécies com número baixo de cromossomos: êle cruzou 2 qualidades de "Galeopsis" (labiadas), das quais cada uma possui 8 cromossomos em suas células, obtendo uma nova espécie com 16. Embora o número de cromossomos na genealogia das plantas e dos animais não denuncie superioridade (animais e plantas considerados superiores não são portadores de mais cromossomos do que os inferiores), essa tendência parece entretanto latente dentro de cada espécie isolada e ser mesmo a causa do desenvolvimento. Nosso trigo de hoje se origina da escândea, que era portadora de 7 cromossomos; na idade do bronze cultivava-se o *triticum dicoccum,* que possuía 14; o nosso trigo atual contém 21. As rosas silvestres possuem 7, as cultivadas duas, três, quatro e até oito vêzes 7. Os 24 cromossomos de nossa ameixa são oriundos de duas árvores silvestres que possuíam 8 e 16; os 24 do tabaco provêm de dois antecessores com 12; os 19 da colza de predecessores com 10 e 9.

Naturalmente começou-se logo a "elevar" as espécies dos animais por meio do aumento artificial dos seus cromossomos — e conseguiu-se isso! Foram obtidas galinhas com número elevado de cromossomos, que são maiores e põem mais ovos do que as pobres poedeiras de hoje, coelhos que se reproduzem muito mais do que até agora, porcas que não possuem suficientes têtas para amamentar todos os leitões e carneiros fêmeas que, após se tornarem mães, permitem a aproximação do macho quatro meses antes do que era costumeiro entre êsses animais.

"O mundo torna-se mais belo todos os dias.
Não se sabe o que ainda está para vir."

3) A primeira causa para as mutações: saltos-quanta nos átomos dos genes pela influência de raios

Em 1930 confirmou Müller, na América, por meio de experiências, uma suspeita há muito tempo alimentada, de que os cromossomos tão sensíveis às ondas curtas, ultravioleta, roentgen e gama. Os genes modificam a sua estrutura como tôdas as moléculas sensíveis, quando são atingidos por fótons com suficiente energia, sendo que

basta acertar *um*, para que o eléctron dê um salto. Se salta da camada electrônica externa, o átomo é ionizado, modifica-se a carga elétrica que o mantém em determinado lugar da molécula e êle muda de lugar na estrutura da molécula gigante. O gene passa por uma mutação.

Os genes às vêzes também passam por mutação sem causa até hoje reconhecida, e isso com a freqüência de 1 : 100.000, isto é, entre 100.000 môscas aparece uma com traço hereditário mudado, sem motivo aparente. Se a irradiação incide sôbre as môscas, o número de mutações aumenta e isto proporcionalmente à quantidade de raios. Numa irradiação com 5.000 unidades Roentgen, êle se centuplica.

Para se obterem mutações não é necessário irradiar longa ou fortemente, mas o resultado só depende do número de "acertos". Os nossos aparelhos modernos atiram cegamente na estrutura atômica, como um homem que faz fogo dentro de uma tenda de tiro ao alvo às escuras. Atirando-se a êsmo, não se sabe qual será o tiro certeiro; pode ser até o primeiro. Portanto uma irradiação bem curta será capaz de produzir uma mutação! 20 irradiações curtas podem ocasionar tanta destruição quanto uma única longa. Nada impede que as irradiações sejam muito espaçadas. Para se acertar nos cachimbos de barro dentro de uma barraca de tiro não é necessária uma arma automática, basta uma espingarda; não é preciso dar 100 tiros consecutivos, mas consegue-se o mesmo número de "acertos" atirando uma vez em cada duas semanas durante 10 anos.

Êsses conhecimentos práticos são de extraordinária importância. As células reprodutoras nas glândulas sexuais são as mais sensíveis aos raios. O motivo é simples. Elas ainda não estão "diferenciadas", isto é, não se acham desenvolvidas em tipos celulares definidos e firmes, mas a estrutura das suas moléculas gigantes ainda está fôfa e passível de modificação. Não é preciso, pois, receber farta irradiação Roentgen a fim de se levarem para casa mutações funestas no interior das células germinais. É bastante o exame radioscópico do pé de que em muitas casas de calçado ainda se abusa, dirigindo os raios de baixo para cima (contra as glândulas sexuais!) para produzir mutações. Quanto mais se espalha o uso dos aparelhos Roentgen na medicina e na técnica, quanto mais os homens lidando com fornos e máquinas atômicas ou nos laboratórios entram em contato com as substâncias radioativas, tanto maior o perigo (e não é de modo algum perigo apenas teórico) de que os homens sofram prejuízos consideráveis acarretados pelas mutações. O homem, em cuja glândula reprodutora uma célula sexual "muda", nada observa. Nem o seu filho nota, pois a mutação é quase sempre recessiva. Mas ela não se perde e não se pode fazê-la voltar atrás. Quando após 5 gerações, dois descendentes dêsse homem "irradiado" se reproduzem, nascerá a criança em que a mutação se manifestará pela primeira vez. Isto é tanto mais perigoso porque as mutações, como logo vamos saber, são na maioria dos casos deteriorações. Os perigos reais da era atômica não são as bombas. Estas podem um dia figurar no

"Museu da Humanidade" ao lado da Donzela de Ferro e da guilhotina de Saint-Just. O perigo está em que 20% das crianças que forem a êsse museu para admirar o progresso do gênero humano, não conseguirão ler as etiquêtas, pois estarão cegas ou mentalmente retardadas. Os pais comeram uvas e os dentes dos filhos se embotaram.

Ao contrário das células reprodutoras, cuja mutação sòmente se revelará em gerações vindouras, reconhece-se em breve a mutação dos cromossomos nas células epidérmicas, pois estas se propagam ràpidamente, sem interrupção, e assim os efeitos prejudiciais surgem após algumas semanas. Aparecem então as mal afamadas "queimaduras Roentgen", que não são pròpriamente queimaduras, isto é, destruições pelo calor e sim degeneração de células epidérmicas iniciadas pelas mutações nos cromossomos. Uma legião de pesquisadores do átomo e dos raios teve que sacrificar a saúde e a vida por trilhar uma nova pista para a ciência. Na América, que seguiu muito mais tarde o exemplo, apareceu um livro sob o título "American Martyrs to Science through the Roentgen Rays", onde se lê: "Para se descrever as dores e o sofrimento não existe linguagem sagrada ou profana suficientemente expressiva".

Além dos raios há alguns produtos químicos que exercem influência "mutativa". É conhecida há muito tempo a circunstância de que os trabalhadores que durante anos manejam certas substâncias apresentam formas de doenças epidérmicas e câncer: o câncer da anilina, o câncer do limpador de chaminés. Também o câncer labial do fumador de cachimbo pertence a êsse grupo.

Expondo-se plantas aos vapores do conhecido gás de mostarda, da guerra química, as células entram em mutação. Nos prados outonais floresce o narciso de outono, *Colchicum autumnale,* bela planta açafroeira, malvista pelos lavradores, pois a colquicina, substância produzida por ela é venenosa, para o gado e o homem. Distingue-se por uma propriedade que é altamente importante para a pesquisa, isto é, paralisa o movimento dos cromossomos, de sorte que no momento da duplicação êles não se separam. Bem junto ao narciso de outono cresce a azêda dos rios, que apresenta o número máximo de cromossomos até hoje descoberto em células — perto de 200. Não teria a planta êsse número elevado de cromossomos devido à circunstância de a colquicina imobilizar os seus cromossomos tornando-se ela assim o produto de uma mutação provocada pela colquicina?

Se expusermos células sexuais no período de sua maturação aos efeitos da colquicina, esta exerce o efeito de uma narcose. As células passam a não expelir cromossomos ou a expelir muito poucos, e então se fertilizam células com número aumentado de cromossomos. Os descendentes, cujas células são portadoras de número excessivo de cromossomos, crescem exageradamente. Pelo envenenamento das células sexuais com colquicina podem-se criar gigantes, como Jasão fêz brotar do solo soldados nascidos de dentes de dragão, e quantas flores gigan-

tes que a noiva beija com admiração não passam de monstruosidade doentia.

É bem compreensível que se tenha tentado obter frutas gigantes por êsse método; o que de fato em alguns casos surtiu êxito e provàvelmente, continuando-se a tratar do problema, modificará a situação dos nossos mercados. Tentou-se incitar morangos silvestres, cujo fino sabor é preferível ao dos morangos de pomar, a um crescimento gigantesco. Narcotizaram-se as células pela colquicina e de fato apareceu uma nova espécie de morango silvestre com 28 cromossomos em lugar de 14. Foi possível cruzar esta espécie, ao contrário das espécies normais, com o morango grande cultivado, que possui 56 cromossomos. Apareceram assim morangos com 42 cromossomos, que eram estéreis entre si, mas se cruzavam bem com o morango cultivado, surgindo então um morango com 70 cromossomos. Êste é do tamanho do morango cultivado, mas tem o sabor forte do silvestre.

Na Suécia, Haggquist, em 1951, foi o primeiro estudioso da genética que conseguiu exemplares gigantes de mamíferos. Êle superou a natureza, que com engenho miraculoso procura proteger no interior da bacia da fêmea o processo de reprodução, contra qualquer interferência do ambiente, abrindo o ventre das cobaias, narcotizando os óvulos durante a passagem pelo ovário com colquicina ou produzindo um choque sôbre os mesmos por meio de água morna, evitando assim a divisão dos cromossomos. A maioria dos germes morria, mas outros foram gerados, tornando-se coelhos e porcos gigantes. Traziam em suas células número anormalmente elevado de cromossomos. O início foi estabelecido. O homem começou a diminuir e a aumentar, à sua vontade, o número de cromossomos nas células dos sêres, a obter de ovos, como por encanto, anões ou gigantes. Isto não ficará só com os animais e sim: "Aqui estou eu / Formando homens / À minha imagem / Uma geração / Que se assemelhe a mim".

"Uma geração que se assemelhe a mim" — que ameaça! De acôrdo com a experiência da História Universal, sentimos um arrepio ao pensarmos que o criador de homens de amanhã produza não só gigantes ou anões entre morangos, galinhas e cães, como também entre os homens. Ainda se fôssem "super-homens" que "ultrapassassem os seus criadores", mas quem nos diz se os tiranos do futuro não irão monopolizar o processo em nome do Estado, passando a produzir em fábricas guardas gigantes em vez de gênios, escravos obedientes em vez de talentos livres, verdadeiros regimentos aterrorizadores de "robots" para as suas conspirações, enviando hordas de gorilas pelo globo afora. Goethe disse certa vez:

"Viriam a nascer crianças educadas
Se os pais fôssem educados."

— assim os homens só "cultivariam" homens quando êles mesmos fôssem bem-criados.

4) A segunda razão das mutações: o chamado "crossing over", a despedida dilacerante de cromossomos na divisão das células reprodutoras

Mais ou menos na época em que Müller reconheceu a sensibilidade dos genes aos raios como primeira razão das mutações, Thomas H. Morgan encontrava a outra: o *Crossing Over.*

Na Fig. 151 acham-se ilustrados processos, não muito fáceis de compreender, da divisão das células do corpo e das células sexuais. Para a formação da criança junta-se uma célula do pai, o espermatozóide, com uma da mãe, o óvulo. Essas células contêm meios cromossomos pelo processo ilustrado na parte inferior da figura. Na reunião dessas duas células êsses meios cromossomos se juntam. Os nossos cromossomos são feitos de duas metades longitudinais, comparáveis a uma barra dupla de chocolate, sendo que ao abrirmos o invólucro de papel ela se parte ao meio. Uma metade se origina da mãe, a outra do pai. Mais exatamente diremos que elas se originam da avó e do avô, pois os pais contêm os meios cromossomos de seus pais, e é essa herança dos avós que êles nos transmitem. Os pais, considerados do ponto de vista da técnica de hereditariedade, são os executores testamenteiros que transmitem a herança dos avós aos netos, e sob o ponto de vista de herança biológica não somos os filhos de nossos pais, mas sim os netos de nossos quatro avós, assim como os ratos brancos da Fig. 148 e os meninos míopes da Fig. 149 que receberam suas propriedades hereditárias dos avós. Não te iludas na vida, julgando que possas ter filhos que sejam cópias de ti mesmo. São os quatro avós que nêles se manifestam.

Quando os cromossomos se partem em dois no momento da divisão da célula, êles não se dividem de modo que a parte do avô se separe da parte da avó, mas cada metade se divide independentemente. Suponhamos que no nosso pacote de chocolate não existam duas barras de chocolate e sim uma, sendo a outra de *marzipan.* Essa barra dupla deve ser distribuída entre duas crianças, que naturalmente querem ambas a mesma qualidade de gulodice. Que fazemos nós? Pegamos uma faca e cortamos as duas barras ao comprido e cada criança recebe meia barra de chocolate e meia de *marzipan.* É assim que se dividem em nosso corpo, ao crescer, os cromossomos copulados constituídos de metades; são sempre ambos a se dividirem; cada célula do filho recebe com cada cromossomo uma meia barra de chocolate da mãe e uma meia barra de *marzipan* do pai; cada cromossomo é e permanece igualmente paterno e materno.

Após a fecundação, com cada divisão de células tôdas as barras são cortadas ao comprido e cada célula seguinte recebe meias barras, que crescem (isto é a essência do crescimento) até se tornarem barras inteiras pela completação das moléculas gigantes da forma já descrita. Êsse processo é ilustrado na parte esquerda superior da Fig. 151.

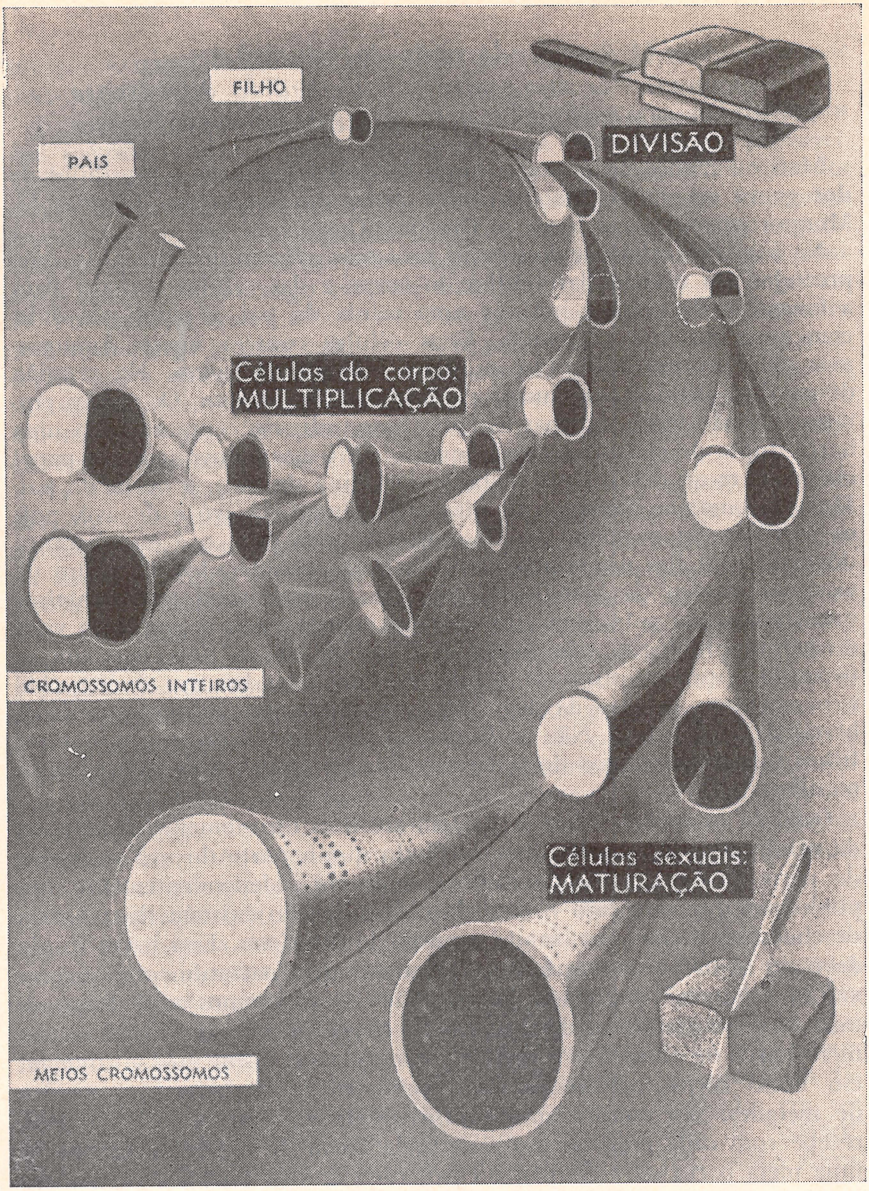


Fig. 151 — DIVISÃO E MATURAÇÃO. No arco superior vê-se a divisão e no inferior a maturação. Na divisão as duas metades de cromossomos dos pais, reunidas no filho, não se separam, mas sim dividem-se conjuntamente (corte transversal) e completam-se em conjunto pelo crescimento. Na maturação elas se separam (corte longitudinal) e assim o patrimônio hereditário dos avós liberta-se novamente. Comparem-se os últimos cromossomos (embaixo) sob a palavra "Pais": êles são idênticos. Filhos são netos.

Certo dia, porém, as células sexuais preparam-se para a reprodução e então verifica-se a única exceção na vida, a divisão que se vê na parte inferior da Fig. 151 e que se denomina "maturidade". Nesse momento as duas barras se separam realmente, o chocolate para aqui e o *marzipan* para lá, efetuando-se então o processo inacreditável do "crossing over". O cromossomo tem dificuldade em se separar do seu companheiro. O "avôzinho" despede-se comovido da "avòzinha". Êles se abraçam como se quisessem segurar-se para sempre, enlaçam-se como se quisessem acariciar-se ainda uma vez. O plasma é pegajoso e por conseguinte, ao se separarem afinal, arrancam pedaços do corpo (Fig. 152a). Do abraço surgem cromossomos modificados. A modificação do cromossomo significa modificação do tipo: a mutação. O "crossing over" é, depois dos raios, as substâncias químicas, as vivências bruscas como o choque de calor e frio, a última causa conhecida das mutações. Agora sabemos porque as placas com os genes se acham nos cromossomos desordenadamente. É que, ao se separarem dos cromossomos, elas colam, rasgam e se desviam, ficando em desordem. Nem após 100 milhões de anos poderia reinar a ordem, mesmo que sòmente em cada século um pedaço fôsse arrancado ou desviado do cromossomo.

A desordem está lá; mas ela não é individual, pois se transmite hereditàriamente e por conseqüência torna-se comum à maioria dos indivíduos de uma raça. Ela deve ser comum à maioria, pois sòmente os indivíduos cujos cromossomos são mais ou menos idênticos quanto à posição de suas placas poderão gerar filhos aptos para viver. São cromossomos divididos ao meio que são trazidos pelas células sexuais, e essas metades se constituem em cromossomos inteiros pelo processo de meias moléculas gigantes de um dos cromossomos se adaptarem à meia molécula do outro como os dentes de um *fecho-éclair*. Existem sempre ligeiras desordens que não perturbam, desde que possam ser superadas. Elas são superadas pela fôrça que as moléculas gigantes divididas ao meio exercem sôbre elas mesmas recìprocamente, ao passo que ficam indiferentes em relação a outras moléculas. Na Fig. 152 procura-se demonstrar como os cromossomos "superam" as diferenças no verdadeiro sentido da palavra. Em cima vemos a fotografia de um "crossing over", no centro vemos esquemàticamente dois segmentos dêsses cromossomos, e as lâminas são numeradas como as graduações de uma fita métrica. As fitas de cima dos dois segmentos estão intatas. Nas de baixo faltam em uma (c) as placas 2 e 3, e na outra (g) as placas colocaram-se com os números 2 a 5 invertidos. Em baixo vê-se como as placas apesar de tudo se encontram pelo processo de as moléculas do mesmo nome se atraírem, e os cromossomos elásticos se estenderem como laços.

Quando as diferenças são "insuperáveis", não há fecundação e certamente a infertilidade de muitos casais sadios pode ser atribuída ao fato de os cromossomos de pai e mãe não se harmonizarem. Em-

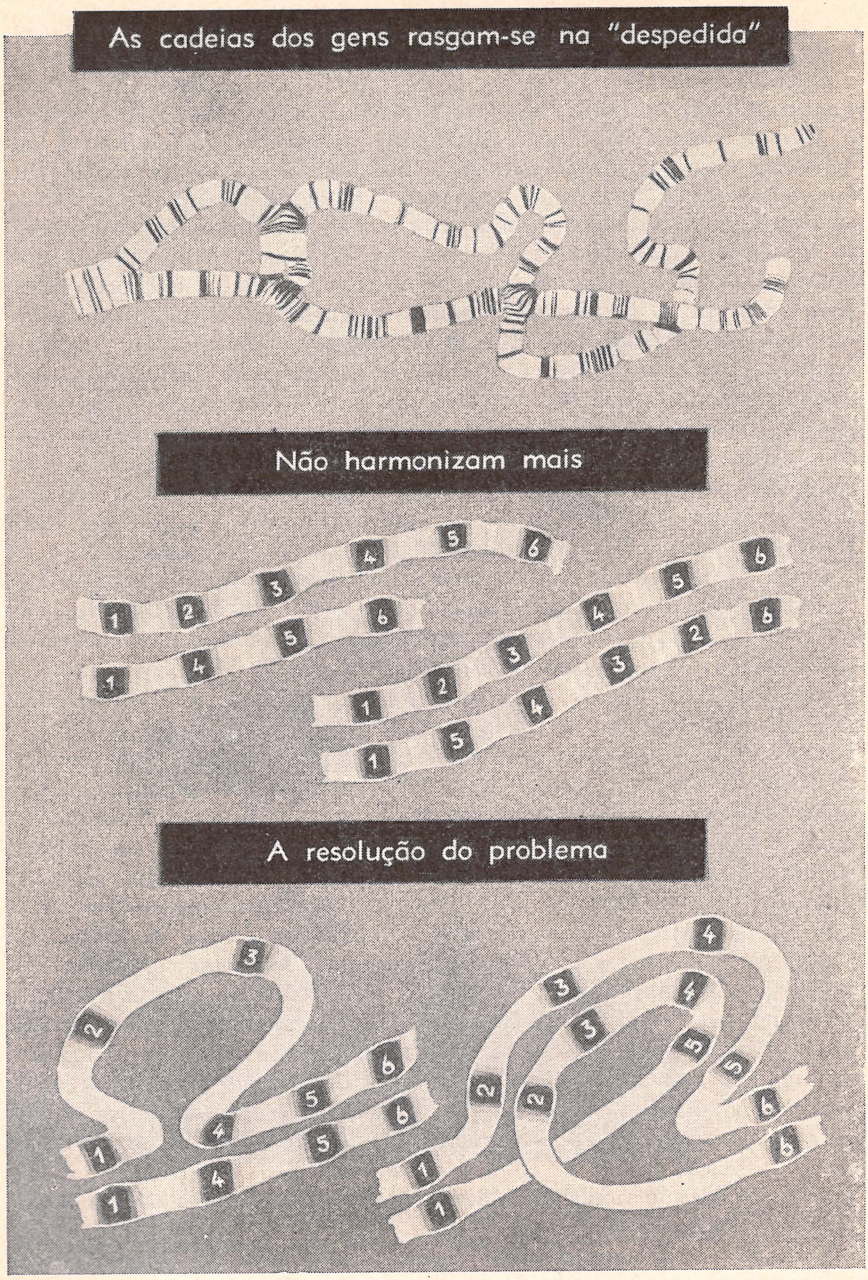


Fig. 152 — O "CROSSING OVER" — (Explicação no texto).

briões de cromossomos não-harmonizantes tornam-se monstros que geralmente abortam antes de se desenvolver. Atualmente calcula-se que após 4 fecundações morrem 3 embriões porque os desvios dos genes pelo *crossing over* são fortes demais, sendo, portanto, a mulher muito mais freqüentemente engravidada do que realmente "grávida". Quando se pesquisam as células de embriões normais, encontra-se nestes um número espantoso das mesmas, as quais possuem mais ou menos 48 cromossomos, número normal no homem. Sòmente no correr dos meses é que os desvios se nivelam, pois durante o crescimento dos tecidos, ao que parece, as células normais mostram-se vigorosas e sobretudo mais férteis, repelindo as anormais.

Apesar disso cada um de nós é portador de grupos de células, a que faltam esta ou aquela placa. As famílias dizem às vêzes "Falta algo a esta criança" e têm razão. Faltam-lhe placas de genes e onde faltam genes não adiantam admoestações, castigos, aulas de repetição. Não se pode fazer ver o vermelho ao daltônico.

Em outros cromossomos nada falta, mas "algo está em desordem nesta criança" e também nisto os circunstantes têm razão. Cada um de nós é portador de "defeitos", "falhas", "esquisitices", "anormalidades" porque na ocasião da distribuição da massa hereditária perderam-se ou desviaram-se genes. Nós todos somos mais ou menos vítimas do *crossing over*. Devemos contentar-nos quando os homens dizem dos mortos como Hamlet do pai: "Compreendei tudo na generalidade, êle era um homem".

5) O sentido da mutação para a evolução histórica e o destino do gênero humano

Devemos, por mais doloroso que seja, terminar com uma verificação triste: As mutações não têm sentido; elas são produto do acaso. Os fótons disparam cegamente em direção à estrutura dos genes, como tiros numa loja de louças. Ora quebra-se o nariz de uma pastôra de porcelana de Meissen, ou a asa de um vaso grego. No *crossing over* são arrancados pedaços aos cromossomos, ao acaso, como dois carros que passam muito rentes um do outro se arrancam aqui um pára-lama ou ali a maçanêta da porta, aparecendo em conseqüência dessa mutilação desregrada modificações igualmente desregradas dos "descendentes". Após a "irradiação" de larvas, saem môscas de orvalho, cujas asas se enrolam a ponto de não poderem ser desdobradas (Ver Fig. 143, 4); ou cujas pernas são tortas como a de um cachorro *baixote,* ou cuja larva, em vez de órgãos para a mastigação, cria uma tromba de sorte a não poder devorar, morrendo de fome. As mutações são "erros de impressão"; como se em vez de hereditariedade estivesse impresso no

texto "hereditareidade" ou em vez da frase "mutações produzem novas sub-raças" se lesse no texto "novas sub-taças".

Seria exceção raríssima que um êrro de impressão dêsses melhorasse uma frase. As mutações, por serem obras do acaso, levam a degenerações ou alterações que são insignificantes para o ser, como o pequeno desvio da fôlha no caso da *Oenothera lamarckiana*. O produto normal existe porque "deu resultado". Deu resultado não por ter-se a natureza empenhado em produzir um ser bem sucedido — o mundo então teria outro aspecto! — mas os sêres que existem são restos que sobreviveram a inúmeras combinações sem propósito, das quais 99,9 % desapareceram como inúteis. Mesmo a técnica que trabalha intencionalmente só consegue lançar no mercado diminuta percentagem dos modelos criados nas oficinas dos profissionais e amadores cujas patentes foram registradas. A natureza que é inesgotável em material e paciência, ilimitada no tempo, desinteressada dos resultados, impiedosa contra o seu produto, trabalha em escala milhões de vêzes maior. Na verdade ela não trabalha, joga como se um de nós pegasse 100 letras e as atirasse na mesa, repetidamente, até que surgisse uma frase sensata. Uma fêmea de esturjão põe tantos ovos que após poucas gerações o Oceano Atlântico ficaria repleto de caviar. A descendência de um único bacilo poderia, caso se desenvolvesse à vontade, superar o pêso do globo terrestre dentro de oito semanas. Em conseqüência dessa fertilidade ilimitada aparecem, entre milhões de descendentes defeituosos e milhares de indivíduos congêneres nesse jôgo do acaso, tipos superiores em número suficiente para finalmente atribuírem um sentido elevado à criação.

Henry Wallace, que foi vice-presidente na época de Roosevelt, é um botânico profissional de primeira ordem, e produziu um trigo que conquistou o mercado mundial. A fama que granjeou não deixou seu filho dormir em paz. Provàvelmente êle tem nos seus cromossomos o mesmo gene do prazer de criar e de melhorar o mundo, pois resolveu criar uma galinha que sobressaísse entre as outras tanto quanto o trigo do pai entre as plantas da lavoura. Em sua comunicação declara que nas suas experiências de cruzamento criou 38.000 tipos de galinhas. Destas — apesar dos esforços que empregou em obter uma raça "melhor" 34.000 não eram normais; mostravam-se doentes, lucífugas, inapetentes, cegas, peladas, de pernas aleijadas, estéreis, de vida curta, bicos enrolados, asas tortas e outras deformações.

São milhões os que se esforçam para manter a espécie
Mas é através de poucos que a humanidade se propaga.
São milhares as sementes que o outono espalha, quase nenhuma dá
Fruto; a maioria volta ao elemento.
Mas se acontece uma única desenvolver-se, ela
Espalha um mundo vivaz de formações eternas.

(Schiller)

A mutação não é sòmente na biologia a maior descoberta do nosso século, como também das maiores de tôda a história da ciência, e talvez seja para a humanidade a mais importante descoberta. Foi nela que se encontrou o agente mais forte das modificações dos sêres vivos, e é possível que êle seja dominado algum dia como uma reação química. Na alquimia do mago moderno alguma coisa realmente se agita — o homúnculo!

A "Oenothera Lamarckiana", com a qual De Vries fêz a sua imortal descoberta da mutação foi uma "filha" ingrata. Tendo sido batizada com o nome de Lamarck, ela serviu de testemunha contra êle, pois simplesmente demonstrou o oposto daquilo que Lamarck ensinava. Procurou êle explicar as modificações das espécies pelo fato de que o uso fortificava os órgãos e o desuso os atrofiava, que as girafas, por exemplo, tinham desenvolvido pescoço comprido, porque precisavam esticá-lo sempre em busca do alimento, ao passo que os peixes criaram barbatanas porque se movimentam dentro da água. Mas êsse princípio só vigora, conforme os críticos haviam objetado desde logo, quando as barbatanas já existem e os pescoços já nascem compridos, e mesmo então só quando a tendência para o pescoço comprido e as barbatanas ajuda. Por que, entre todos os animais, sòmente as girafas têm pescoço tão comprido, uma vez que todos os animais o esticam para apanhar alimento? Por que as rãs até hoje não criaram pescoço, embora elas tenham constantemente de emergir as cabeças da água? O princípio de Lamarck não é errado, mas se mostra de importância secundária. Não pode jamais esclarecer a riqueza das configurações, e nenhum daqueles inúmeros absurdos como a galhadura do veado, a construção grotesca e pouco hábil de uma borboleta, ou a monstruosa incapacidade para a vida de uma ave-do-paraíso. Depois veio Darwin que introduziu os conceitos de "luta pela existência", "seleção natural" e "sobrevivência dos mais aptos", conceitos êsses que levou anos a estudar e a esclarecer sutilmente, apoiado por centenas de exemplos. Êle contribuiu para a vitória da idéia do desenvolvimento natural dos sêres, tornando-se assim o fundador da moderna imagem biológica do mundo. Todos êsses fatôres, porém, por mais certos e importantes que sejam, só podem vigorar como reguladores quando a raça já existe, porém jamais podem realizar aquilo que Darwin promete explicar por meio dêles, segundo o título de seu livro, isto é, "A Origem das Espécies". Pois, o que caracteriza o mundo dos sêres vivos é que as novas espécies não se desenvolvem, elas surgem sùbitamente, elas aparecem no teatro da história como os atôres no palco, vindos dos bastidores. "Eis-me aqui". Não existe ave com meias asas ou um quarto de asas, mas ali está o *Archaeopteryx* com as suas asas. Surge o homem primitivo, andando pela floresta, originário sem dúvida do macaco e seu

parente próximo, mas do mesmo modo indubitàvelmente diferente dêle, um novo tipo — a mutação. Veja-se a Fig. 153, em cima, duas môscas de orvalho de espécie diversa; no centro o *crossing over* em que as duas metades dos cromossomos permutadas se separam uma da outra e em baixo o produto disso: dois filhotes de môsca em que as metades dos pais foram trocadas, isto é, a cabeça de uma delas com o ventre da outra e vice-versa. Duas ninfas do gênero môsca! Isto é uma "origem das espécies" — não é adaptação, seleção, ou modificação e sim mutação.

O homem, de acôrdo com a sua índole, não dará tréguas. Hoje são môscas de orvalho e bacilos (já se transformaram espécies perigosas em inofensivas), amanhã são flores e gado de engorda, e assim por diante até que se chegue ao homem. Abrem-se perspectivas que desafiam qualquer previsão, pois a técnica da mutação como a da fôrça atômica está apenas nos seus primórdios. Assim como há 2.000 anos os 3 reis magos vieram de países longínquos e depuseram os seus presentes na manjedoura que anunciava uma nova era, 3 grandes descobertas vieram saudar o novo século à sua entrada na história, isto é, o átomo, o quantum, e a mutação. Hoje ainda não se sabe, mas daqui a mil anos se saberá que, como entre a fé, o amor e a esperança o maior é o amor, assim dessas três descobertas a maior não é a do núcleo atômico, mas a do núcleo celular — a mutação. Assim como a bacteriologia e a química livraram a humanidade de doenças infecciosas, o gênero humano se libertará das taras que por herança e disposição afligem a atualidade. A genética consciente, a eugenia, criará gerações livres de debilidade mental, miopia, epilepsia, demência e da "moral insanity" do criminoso nato. Doenças como diabetes, câncer e hipertensão se tornarão tão raras como hoje o tifo e a difteria, e talvez se passe a cultivar talentos e caracteres, escolhendo os "tiros certeiros" da natureza para com essas células formar gerações. Após milênios de cultura botânica e animal virá, por fim, a humana. E assim como aconteceu com a teoria da eletricidade e da física atômica, as pesquisas sôbre o enxêrto de ervilhas, realizadas entre os muros de um claustro por um físico da "ciência pura", produzirão resultados que superam tudo que o "trabalho consciente e prático" jamais poderá alcançar. A técnica e a indústria se impõem pelas suas fascinantes realizações, pelo seu brilho, ruído e magníficos produtos, assim como as correntezas dos grandes rios se impõem pelos navios que as cortam e as maravilhosas pontes que as atravessam. Mas de onde vêm os rios? De fontes obscuras, que se encontram longe, no alto de montanhas tranqüilas, e correm por lugares raramente transitados. Assim emanam as fôrças, as idéias, as fórmulas para tôdas as ciências aplicadas e ramos da economia, terapêutica e higiene, lavoura e criação de gado, construção de motores e produção química das fontes da "ciência

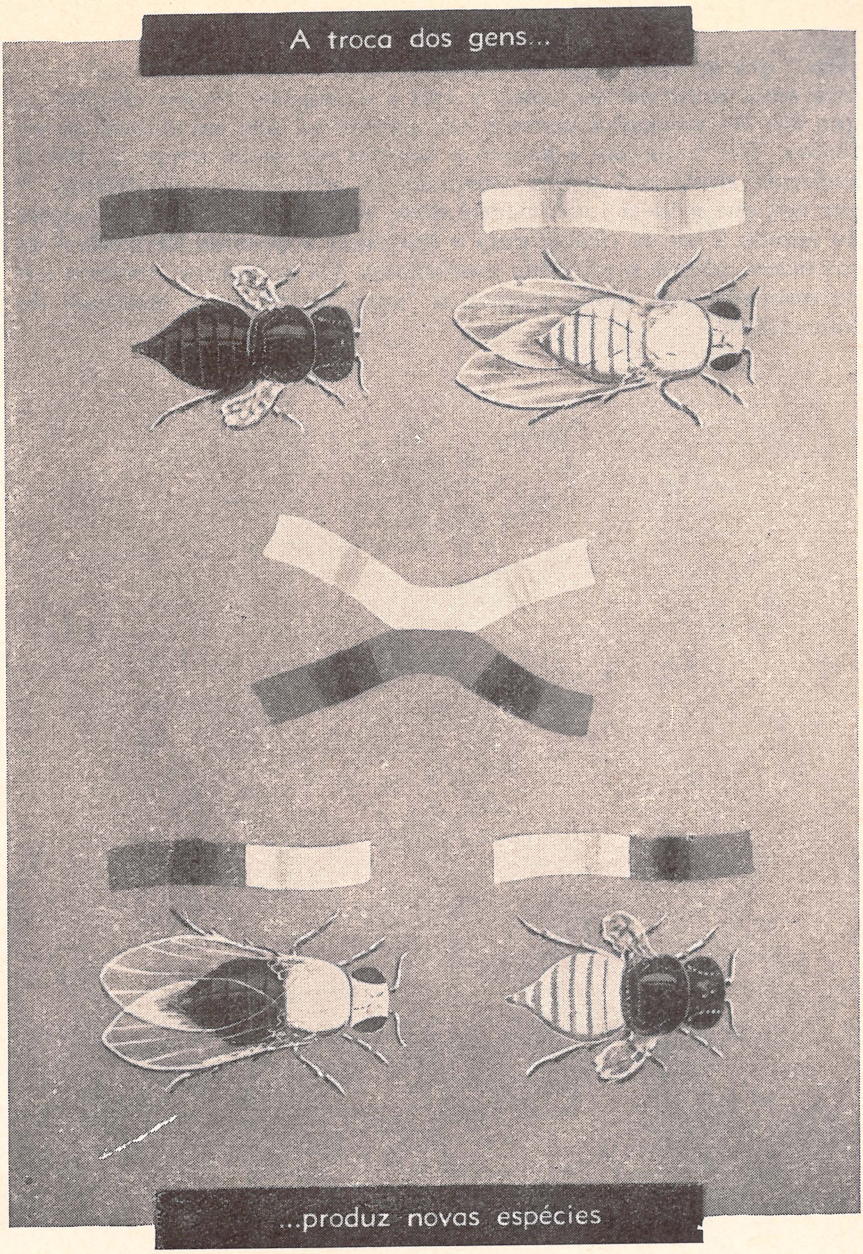


Fig. 153 — A SIGNIFICAÇÃO DO "CROSSING OVER" PARA A ORIGEM DE NOVAS ESPÉCIES. No cruzamento das drosófilas claras e escuras (em cima) surgem normalmente animais claros e escuros. De vez em quando, porém, no "crossing over" (meio) os cromossomos fazem trocas de partes determinantes e assim aparecem as formas mistas (embaixo).

pura", que se acha longe da vida e se pratica sem intenção utilitária, pelo amor a ela mesma, como a arte e a religião. Os seus discípulos, que lhe são devotados como a um sacerdócio, não necessitam de estímulo. Êles conhecem e gozam as alegrias únicas da pesquisa. Mas o ambiente ainda está pouco consciente de seu valor e significação. É por isso que a idéia fundamental dêste livro foi apresentar a imagem do mundo à luz da ciência pura e convencer a quantos fôr possível de sua beleza, alegria e utilidade inestimáveis. Ela é, como se inscrevia nas universidades dos velhos tempos, a "alma mater", mãe espiritual da humanidade.

Dr. Fritz Kahn: O LIVRO DA NATUREZA

Tomo II

Dr. FRITZ KAHN

O LIVRO DA NATUREZA

A CONCEPÇÃO DO UNIVERSO, DA CIÊNCIA MODERNA, NUMA EXPOSIÇÃO ACESSÍVEL A TODOS

Tomo II

O VEGETAL / O ANIMAL / O HOMEM

Com 249 ilustrações, na maioria esboçadas pelo autor

Tradução de Marina Guaspari

4.ª EDIÇÃO

EDIÇÕES MELHORAMENTOS

NÚMEROS USADOS NA LITERATURA ASTROFÍSICA E ATÔMICA

O presente livro é a tradução de famosa obra alemã. Por isso, segue quanto à denominação dos números grandes — além de 1 milhão — o costume alemão (que, embora igual ao inglês, difere do brasileiro):

1 bilhão = 1 milhão × 1 milhão (no Brasil seria 1 000 × 1 milhão);

1 trilhão = 1 milhão × 1 bilhão (no Brasil seria 1 000 × 1 bilhão bras.);

1 quatrilhão = 1 milhão × 1 trilhão (no Brasil seria 1 000 × 1 trilhão bras.).

Considerando-se isso, 1 bilhão, no texto dêste livro corresponde a 1 trilhão brasileiro (12 zeros); 1 trilhão no livro corresponde a 1 quintilhão brasileiro (18 zeros), etc.

ÍNDICE DO TOMO II

Primeira Parte
O VEGETAL

Capítulo I — Antepassados comuns dos vegetais e dos animais: micróbios nascidos nas trevas das eras primitivas e, por isso mesmo, acromos ou incolores 13

1) Advento da vida há 1.200 milhões de anos, no período algonquiano escuro e falto de oxigênio 13
2) Os semiviventes: vírus e bacteriófagos 14
3) Simbiose 16
4) Resultados fantásticos da moderna pesquisa da simbiose; são simbiontes os glóbulos sanguíneos, os grãos de clorofila, os cromossomos? 19
5) As bactérias 22
6) O bacilo azotado, filho do algonquiano falto de oxigênio, aprendeu a fixar o azôto atmosférico 28
7) Os bacilos criam filamentos e tornam-se cogumelos filamentosos 30
8) Cadeias de cogumelos não-organizados: o lêvedo, a mina de vitaminas ... 31
9) A fermentação e os seus produtos: pão e vinho 38
10) Cadeias de cogumelos organizados: o bolor, produtor da penicilina 39

Capítulo II — Clorofila. O ser vivo verde. O Vegetal 43

1) Fêz-se a luz; as células começaram a absorvê-la e, conseqüentemente, tornaram-se coloridas: vegetais 43
2) Célula vegetal e célula animal 44
3) Vegetais unicelulares 46
4) A profusão e a perfeição das primeiras criaturas já revelam a natureza como "artista" e requerem uma explicação dos conceitos "evolução" e "progresso" 50
5) O belo na natureza 54
6) Graças à divisão do trabalho das células coabitantes, origina-se o primeiro "organismo"; e, com a divisão do trabalho, aparece na natureza terrestre a morte 58
7) De quando em quando é preciso dar corda ao relógio da vida do plasma, induzindo as criaturas a se acasalarem 60

Capítulo III — O vegetal abandona a água 61

1) A simbiose dos cogumelos filamentosos coletores de água e das algas produtoras de amido possibilita a subida do vegetal à terra firme, sob forma de liquens 61
2) Os banhados enchem-se de anfíbios do reino vegetal: fetos, musgos, cavalinhas 63
3) O reino vegetal da atualidade é uma criação moderna 68

Capítulo IV — O vegetal da atualidade 71

1) Revelado o segrêdo da vegetação 71
2) A parte do vegetal que procura a terra: a raiz 74
3) A parte do vegetal que foge da terra: o caule 77
4) O lenho 81
5) A agulha enrolada sucede a fôlha desdobrada 84
6) Aparece a inflorescência; a primeira inflorescência é pouco vistosa e incolor: a pinha 88

7) A pinha amolece e balança-se como borla ao vento 95
8) O pólen detesta a umidade; isto não impede que a natureza travêssa faça brotar do fundo da água plantas de pólen 98
9) Polinização: chuva de pólen. Milhares de milhões de toneladas por ano ... 101

Capítulo V — Vegetal e inseto 105
1) Aparecem os insetos; furtando pólen, tornam-se intermediários da fecundação 105
2) A flor facilita ao inseto o furto, invertendo-se e convertendo-se num prato cheio de pólen 105
3) A flor oferece ao inseto, em vez do pólen precioso, água açucarada mais barata; é, neste caso, flor de néctar 106
4) A flor faz seleção dos insetos 110
5) A flor acolhe o inseto 116
6) A flor insulta o inseto 118
7) A flor prende o inseto 120
8) A planta devora o inseto 123
9) O inseto não vem; a flor tem de se fecundar a si mesma 129
Capítulo VI — Frutos, sementes e o maior fruto do vegetal: terra 131
1) A flor transforma-se em fruto 131
2) O fruto espalha as suas sementes 135
3) O último fruto da planta: o solo fértil 138

Segunda Parte

O ANIMAL INVERTEBRADO

Capítulo VII — Os unicelulares 145
1) Que é um animal? 145
2) "Amoeba Proteus", o animal mutável 146
3) As amebas do corpo humano: os leucócitos 151
4) Biogênese — o fio de Ariadne, no labirinto da história da evolução 151
5) As amebas fazem casas de cal e tornam-se amebas calcárias ou animaizinhos de greda 155
6) As amebas fazem casas de vidro e tornam-se radiolários 159
7) O plancto, mundo flutuante ao sabor das vagas 161
8) Os menores bebedores de plancto: as apendiculárias 166
9) Os maiores bebedores de plancto: a baleia e o tubarão gigante 168
10) Morte em massa de planctos e chuva de cadáveres defronte da Terra Nova 171
11) Vala comum no fundo do mar, e os coveiros dos despojos 172
12) A organização transfere-se para dentro; origina-se o infusório 174
13) O infusório nasce vivo 178
14) Infusórios atacam infusórios 180
15) Os infusórios agridem animais maiores; tornam-se simbiontes e parasitas 183
16) O homem nascido de unicelulares... 185

Capítulo VIII — Os pólipos 186
1) Os unicelulares aglutinam-se em bola; a bola invagina-se, forma um cálice de duas camadas: o pólipo 186
2) Os pólipos formam uma camada intermediária; origina-se o cálice de três camadas: o coral 190
3) A camada calcária central subsiste, depois da morte do pólipo e forma o tronco do coral 191
4) Os primeiros polipeiros da história: os graptólitos 196
5) A divisão do trabalho transforma as colônias em polipeiros 197
6) O polipeiro liberta-se do solo e flutua como medusário 198

Capítulo IX — Os vermes 207
1) Primeiro acontecimento de significação histórico-universal: as medusas inauguram a simetria bilateral e passam a ser vermes rasteiros 207

2) O verme distomídeo ou distoma, tronco da estirpe dos vermes 208
3) O verme distomídeo torna-se parasita 210
4) Segundo acontecimento de significação histórico-universal: abertura do intestino; advento do animal superior 213

Capítulo X — Os moluscos 215
1) Um animal coleante e a sua história sinuosa: o caracol 215
2) Um marisco, e o foco duma doença na concha do marisco; a pérola 219
3) As sibas — obras-primas da natureza 222

Capítulo XI — Os insetos 231
1) Terceiro acontecimento de importância histórico-universal: o verme organiza o seu corpo em segmentos 231
2) O verme estica patas e, com a divisão do seu corpo em três segmentos, converte-se em inseto 233
3) Um milhão de espécimes de insetos diferentes 235
4) A história da primeira idade do inseto: a metamorfose 239
5) Os dez característicos do inseto 243
6) O inseto completo: um animal, com uma couraça, fazendo as vêzes de esqueleto 248
7) A pata do inseto: móvel e mutável 250
8) O primeiro par de patas transformado: as antenas 252
9) Outro par de patas modificado: as mandíbulas 254
10) As asas: surgem os primeiros aviadores da história terrestre 259
11) O ôlho do inseto: vinte mil facêtas 263
12) Voz e ouvido 265
13) O inseto converte-se em parasita 269
14) Mimetismo 270
15) O inseto como inventor 274
16) A inteligência inata: "instinto" 275
17) A sociedade dos insetos 284
18) Cenas do formigueiro 288
19) A linguagem dos insetos 294

Capítulo XII — Aracnídeos e crustáceos 297
1) Os seis característicos dos aracnídeos 297
2) A teia de aranha 299
3) A aranha aquática 306
4) Crustáceos 310

Terceira Parte

O ANIMAL VERTEBRADO

Capítulo XIII — O peixe 319
1) A origem dos animais vertebrados — ainda obscura 319
2) A primeira invenção que marcou época: um esqueleto de células vivas, e o conseqüente espécime 1 de animal vertebrado: o anfioxo 320
3) Segunda invenção sensacional: a cartilagem, material de construção plástico, e o espécime 2 de animal vertebrado: a lampreia 324
4) Terceiro grande invento: o músculo acionado por pilha voltaica, e o espécime 3 do animal vertebrado: o teleósteo ou peixe ósseo 326
5) O primeiro espécime de peixe: peixe encouraçado — mal sucedido e extinto 330
6) Espécimes mais modernos: formatos aerodinâmicos; com e sem bexiga natatória 331
7) Os peixes são mudos? Os peixes são broncos? 336
8) Os peixes são frios? 340

Capítulo XIV — O anfíbio 344
1) O estípite dos vertebrados terrestres: o peixe de barbatanas filamentosas . 344

2) A barbatana transforma-se em mão de cinco dedos 348
3) A era áurea dos anfíbios 351

Capítulo XV — O reptil 353
1) Um invento que fêz época: a casca de ôvo impermeável 353
2) O "Imperium Reptiliorum" 356
3) Os reptis gigantescos extinguem-se 358
4) Os mesquinhos remanescentes atuais 362

Capítulo XVI — As aves 366
1) As escamas convertem-se em penas: surge o reptil alado: a ave 366
2) Os doze característicos da ave 371
3) Os seis tipos de aves 375
4) Canto e linguagem das aves 380
5) Ritos nupciais das aves 385
6) Ôvo e ninho das aves 389
7) Casamento e paternidade das aves 393
8) Simbioses 397
9) Migrações anuais das aves 399
10) Os pingüins — uma sociedade de aves no pólo antártico 402

Capítulo XVII — Os mamíferos 408
1) A invenção sensacional e característica dos mamíferos: a dentadura 408
2) O espécime 1 de mamífero: o animal de cloaca, que ainda punha ovos .. 410
3) O espécime 2 de mamífero: o marsupial que pare embriões 411
4) Os dezesseis característicos do mamífero 416
5) História dos mamíferos, I: a modesta Antiguidade 423
6) História dos mamíferos, II: a brilhante Idade Média 426
7) História dos mamíferos, III: a Atualidade, ou os restos insignificantes ... 430

Quarta Parte
OS PRIMATAS

Capítulo XVIII — Primatas inferiores — os símios 437
1) Advento dos animais dotados de cérebro! 437
2) Madagáscar desloca-se, e, com ela, a raça dos prossímios (cavidade craniana: 100 cm³) 439
3) A América do Sul afasta-se flutuando, e, com ela, os símios do Novo Mundo (cavidade craniana: 150 cm³) 443
4) Os símios do Antigo Continente (cavidade craniana: 200 cm³) 445

Capítulo XIX — Primatas superiores — os antropóides (Cavidade craniana: 400 cm³) 459
1) Um antropóide solitário e trepador: o gibão 459
2) Os três antropóides que andam 461

Capítulo XX — O primata supremo — o Homem 464
1) Há vinte e cinco milhões de anos: um primata antropomorfo, em meado da era terciária 464
2) Há cinco milhões de anos: homens-símios, na África, utilizam fogo e bastão 467
3) Há um milhão de anos, homens-símios, na Ásia meridional, sepultam ritualmente os seus mortos 475
4) A variedade dos tipos primitivos: gigantes e pigmeus 478
5) Há quinhentos mil anos: avoluma-se o cérebro posterior; aparece o bárbaro de Neandertal 480
6) Há cem mil anos: cresce o cérebro anterior; aparece o "Homo sapiens", o homem do período glaciário 484
7) As raças da Atualidade 488
8) As raças tornam-se povos 489
9) O homem moderno, à luz da ciência natural 492

Primeira Parte

O VEGETAL

Formação, transformação, eterna
diversão da Mente Eterna.

(Goethe)

Capítulo I

ANTEPASSADOS COMUNS DOS VEGETAIS E DOS ANIMAIS: MICRÓBIOS NASCIDOS NAS TREVAS DAS ERAS PRIMITIVAS E, POR ISSO MESMO, ACROMOS OU INCOLORES

1) Advento da vida há 1.200 milhões de anos, no período algonquiano escuro e falto de oxigênio

"No princípio Deus criou o céu e a terra. E a terra era árida e deserta, e as trevas pairavam sôbre o abismo. E Deus disse: "Seja a Luz". E a luz se fêz."

Não diferem muito os têrmos com que o cientista hodierno exporia o mito da criação: quando o globo cessou de arder e a fusão das rochas primitivas, granito e quartzo, se consolidou numa primeira crosta, a terra permaneceu muito tempo "árida e deserta" e "as trevas pairavam sôbre o abismo". Era tal, com efeito, o calor da atmosfera, que impedia a formação de água suscetível de cair sob forma de chuva; e os gases envolviam o globo terrestre, obstando a penetração da menor centelha de luz. Ainda não fôra pronunciada a frase "Seja a luz".

Pelo ano de 1.200.000.000 antes do nosso cômputo do tempo ocorreram provàvelmente os fenômenos revolucionários denominados "revolução laurenciana"; foi então, de fato, que se constituiu a "crosta continental", caracterizada na Europa pela Escandinávia e, na América, pelo Alto Canadá Laurenciano. Era o tempo a que a Bíblia se refere nestes têrmos: "E cindiram-se as águas de cima do firmamento, das águas debaixo do firmamento; e apareceu à vista a terra enxuta". Mas ninguém pôde ver a formação do continente, porque ainda não havia luz para enxergar nem olhos que o vissem. A temperatura, a julgar pela fusão das rochas primitivas, devia ser muito superior ao ponto de ebulição da água. A pouco e pouco, declinou; formaram-se as primeiras combinações com o oxigênio: ácido silícico, isto é, as nossas pedras, no solo; no ar, ácido carbônico e água. Esta precipitou-se das nuvens em verdadeiro dilúvio e juntou-se nas depressões do terreno; encheram-se assim as bacias dos mares. Provàvelmente brotou, e ainda hoje mana água quente no fundo dos oceanos de fendas da crosta terrestre, — águas termais, mães dos mares. As torrentes do céu lavaram as crostas solúveis das jovens montanhas e o que se juntou nas baixadas como um mar primitivo — o *Tihamat* dos antigos babilônios

— foi talvez um lodaçal quente, denso e fumegante como sangue. Isso também ninguém viu.

Escura, quente, úmida como um útero, a terra assemelhava-se a um regaço preparado para o acontecimento místico da concepção. Como ocorreu, não sabemos.

2) Os semiviventes: vírus e bacteriófagos

O período em que Gea se tornou mãe denomina-se algonquiano, denominação oriunda duma raça extinta de índios da América do Norte. O nome fica bem nos romances de aventuras de Karl May; na geologia, seria de desejar para uma época tão importante — e, de resto, para tôdas as épocas — nomes mais adequados que sugerissem algo de positivo sôbre a situação, o tempo, a duração e o conteúdo das eras.

Os primeiros sêres vivos foram presumìvelmente os vírus que, comparados às criaturas atuais, são apenas semiviventes.

Não poderiam, com efeito, existir sem o suporte, sem o "substrato" dum organismo vivo. Os mais simples dêles, como se demonstrou no tomo I, pág. 314, não são senão cristais de elevadas combinações de albumina e justificam, portanto, a hipótese de haverem sido os vírus que, sob forma de "cristais vivos", primeiro se "agitaram" na lama quente das eras primitivas.

Durante a primeira guerra mundial, o médico canadense d'Herelle descobriu um grupo de organismos que denominou bacteriófagos, devoradores de bactérias. Os bacteriófagos (fagócitos) aderem às bactérias, ou infiltram-se nelas e nelas se multiplicam, em conseqüência do que as bactérias perecem. Malogrou-se a esperança de encontrar nos bacteriófagos aliados na luta contra as bactérias; êles nos conduziram, porém, ao reino da vida sub-bacteriana e abriram-nos perspectivas do máximo valor, com respeito a êsse mundo primitivo tão importante. Ensinaram-nos quão complexos podem ser os próprios sêres vivos mais simples, mostraram-nos que já o primeiro dêles é completo e dotado de tudo quanto até agora considerávamos privilégio das criaturas superiores.

Os fagócitos dividem-se em masculinos e femininos, têm instinto sexual, acasalam-se e transmitem as propriedades aos filhos. Se enfraquecermos duas tribos de fagócitos de maneira que, embora possam vegetar, já não tenham a fôrça de se multiplicarem, abandonados a si próprios êles perecem. Misturando-se as duas culturas, juntando duas espécies de fagócitos, desperta-se nêles "amor" à espécie estranha. As duas espécies diferentes de fagócitos acasalam-se e aparece uma nova geração. Esta evidencia nova vitalidade e se reproduz automàticamente, através de muitas gerações. Reconhecemos nisso, com surprêsa, a essência do amor: rejuvenescimento. O plasma é um mecanismo de relojoaria; de tempo em tempo cumpre dar-lhe corda. Êsse impulso opera-se mediante o cruzamento com o plasma doutro indivíduo. Para produzir êsse cruzamento rejuvenescedor, as criaturas acasalam-se (Fig. 1). O amor não

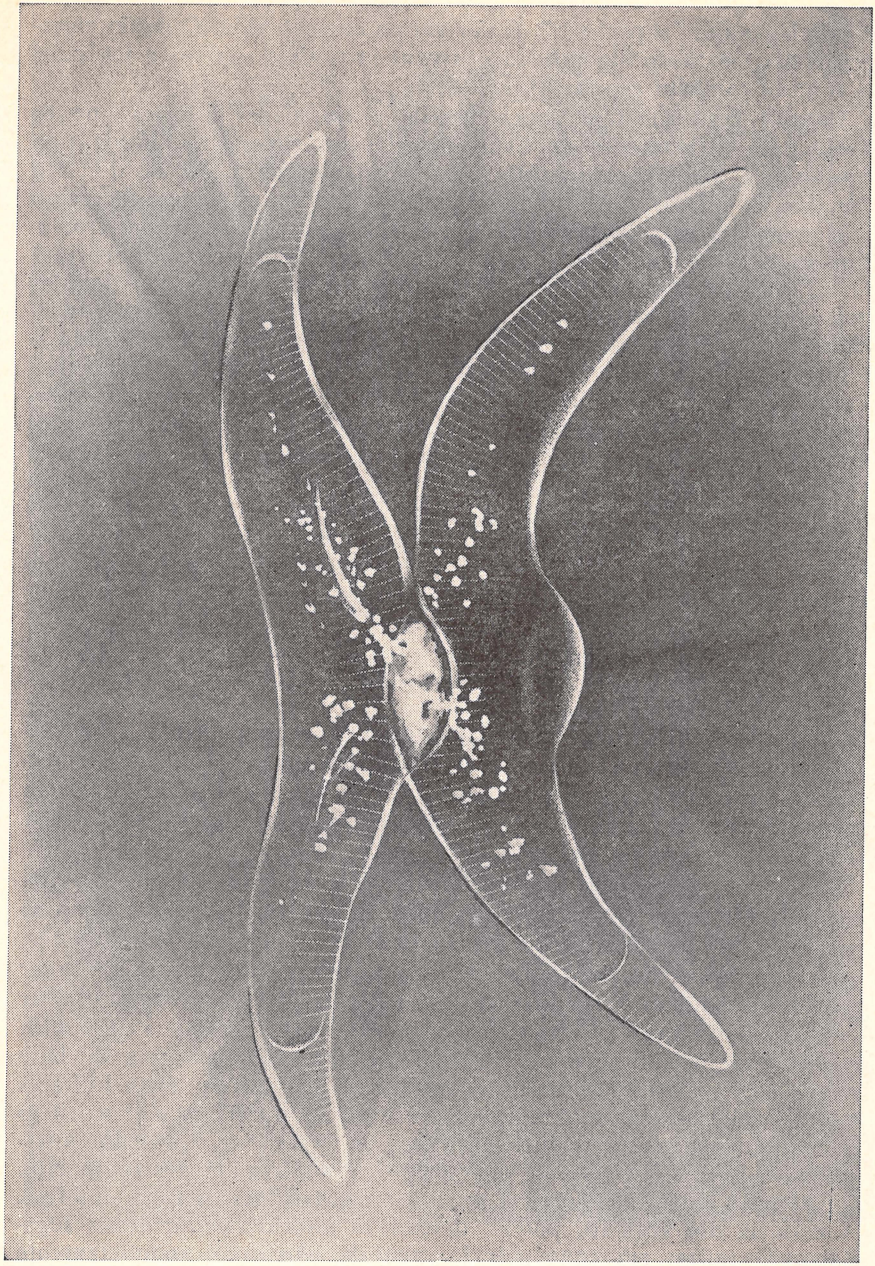


Fig. 1 — O "AMOR" NOS UNICELULARES. De tempos em tempos, o plasma tem necessidade de permutar partes integrantes com o plasma doutra criatura. Os unicelulares aproximam-se e "acasalam-se".

é privilégio dos "superiores". É tão antigo como a vida. Quando emergiram das trevas do algonquiano os primeiros sêres — vírus e fagócitos — o amor também estava presente.

Vírus e fagócitos têm uma série de propriedades comuns que os distinguem nìtidamente de tôdas as criaturas superiores. Ainda não constam de plasma, no sentido das delicadas organizações de que são dotadas as células posteriores; compõem-se principalmente de ácido nucléico e das suas combinações, isto é, as substâncias chamadas cromatinas, que são característico dos cromossomos. A cromatina é sensível à radiação; em conseqüência, são "lucífugos", ou avessos à luz. Atingidos pelos raios luminosos, altera-se a estrutura da molécula dos vírus e fagócitos, êles mudam. Como constam apenas de cromatina, sem os ingredientes do protoplasma, são pequenos, cem vêzes menores do que as células. Para vingar, necessitam dum habitat úmido e, em geral, também quente. Abundância de ácido nucléico, aversão à luz, sensibilidade à radiação, mutação brusca, composição mais simples, tamanho mínimo, predileção pelo calor úmido, são os característicos das criaturas das épocas mais remotas. Isso decerto se explica pelo fato de os primeiros sêres vivos — os mais rudimentares e desprotegidos — terem nascido no período algonquiano, escuro, úmido e quente. E a êsse complexo de propriedades e necessidades poderíamos chamar "algonquinismo".

3) Simbiose

Os vírus e os fagócitos não poderiam reproduzir-se, sem o ambiente proporcionado por outros sêres vivos. Escolhem para habitat determinadas espécies, de modo que sempre são encontrados, vivendo em comunidade com elas. Dá-se a essa vida em comum, ditada pelas necessidades, a denominação de *sim-biose*.

A simbiose é, como o ensinam vírus e fagócitos, uma forma de vida que já existia nos primórdios da história. Não constitui — como se acreditava no século XIX, de mentalidade humanística — uma aliança, uma amizade, e sim uma relação, sem consideração à moral. Pode ser proveitosa para as duas partes, bem como causar dano ou acarretar vantagem unilateral. Se o dano afeta os mais fracos é exploração; causado ao mais forte é parasitismo. Os cogumelos precisam de base nutriz que contenha hidratos de carbônio. Encontram êsses hidratos nos vegetais. Necessitando, como criaturas do algonquiano, de escuridão e de umidade, procuram habitualmente as raízes (Fig. 2 — embaixo — e Figs. 7 a 10). A planta defende-se e tira a albumina aos cogumelos. Resultando dessa relação uma situação tolerável, temos uma simbiose. A maioria dos vegetais, porém, defende-se vitoriosamente dêsses sugadores de raízes; em conseqüência, quando não estão completamente imunes, só se encontram nelas alguns cogumelos. Se a planta oferecer uma reação demasiado fraca, os cogumelos penetram-lhe no âmago, cada vez mais afoitos, e absorvem tanta seiva, que o vegetal definha

Fig. 2 — O MUNDO DO SOLO ATIVO. O solo é produto do vegetal. Entre as raízes vivas e mortas, sob a camada de fôlhas sêcas, vivem miríades de organismos, desde os vírus e bacilos até aos vermes, aos escaravelhos e aos ratos, numa comunidade de existência que se chama Simbiose.

ou morre. As simbioses em que os pacientes pereceram já não existem; as que subsistem são as simbioses em que entre os parceiros se estabeleceu uma situação tolerável. Eis porque no século XIX, os descobridores de simbioses — como o idealista príncipe Krapotkin — aludem ao "auxílio mútuo nos reinos vegetal e animal". Aqui se nos depara um êrro típico da descrição do mundo pelos homens. Mesmo sem ver mal, ou sem referir observações falsas, pode-se estabelecer um conceito errôneo. A simbiose, como a interpretou o século XIX, é uma fantasia. Os que a descrevem assemelham-se àquele guarda de templo que, numa cidade marítima, apontara a um filósofo, notório pelo seu cepticismo, um templo aonde os náufragos iam agradecer com oferendas a sua salvação: "À vista dessas inúmeras graças, ainda duvidas da bondade divina?" Ao que o filósofo, com tôda a calma, replicou: "Mostrai-me agora o templo onde pendem os ex-votos dos afogados".

Nos últimos decênios, o estudo da simbiose, isento de todo preconceito humano, orientado exatamente, obteve os seguintes resultados:

A simbiose é generalizada: do vírus ao homem. No mundo dos organismos simples, é tão geral, que se tem a impressão de que, no princípio, as criaturas eram demasiado fracas, para afrontarem sòzinhas a pesada tarefa de viver.

A simbiose é um "fator mutatório". O simbionte, o "coabitador", provàvelmente pela secreção de determinadas substâncias, está em condições de operar mudanças nas células do seu anfitrião. Observou-se que os vegetais, sob a influência de vírus, mudam a forma das fôlhas. Os animais, porém — e antes de tudo os insetos — criam para os simbiontes, que se lhes tornam úteis, órgãos especiais onde aquêles possam viver confortàvelmente; quartos de hóspedes, o que entretanto não passa de eufemismo; com efeito, os hóspedes são arbitràriamente tratados, alojados ou postos na rua, à vontade do dono da casa.

Os escaravelhos precisam, para as suas larvas, das vitaminas dos cogumelos do lêvedo. Logo êles hospedam cogumelos domésticos para êsse fim. Na época da desova, a fêmea injeta êsses cogumelos no seu canal genital a fim de que, no percurso, os ovos se "contaminem com êles". Quando a larva se tenha transformado em inseto que não precise mais dos cogumelos, êsse lança-os ao mundo exterior através do intestino. Só as novas fêmeas os guardam em pequena quantidade, nos órgãos genitais, para os terem à sua disposição, na desova. O percevejo dispõe no terceiro segmento do corpo, à direita e à esquerda do intestino, dum "quarto de hóspedes" para bactérias; o piolho possui para os hóspedes um lugar que, ignorando-se a sua significação, foi tomado por um órgão digestivo. O fato de certos percevejos e piolhos trazerem em si alojamentos para simbiontes explica-se pela sua alimentação unilateral com sangue, que òbviamente não lhes oferece tôdas as substâncias necessárias à vida. Pelo mesmo motivo, o cupim e o caruncho, roem a madeira, carregam simbiontes em órgãos especiais. Um exemplo demonstrativo é fornecido pela filoxera. Os seus antepassados contentavam-se, como os seus vários parentes se contentam ainda hoje, com

sugar a seiva dos vasos condutores dos talos. A filoxera passou a sangrar as próprias células; como, a partir daí, se provê abundantemente de tôdas as substâncias nutritivas, já pode dispensar os simbiontes e os eliminou. Mas continua a carregar, vago, o "quarto" dos antigos locatários. A térmite moderna expulsou os simbiontes, porque transferiu de dentro para fora do corpo a sua plantação de cogumelos. Desde então, estão vazios os seus órgãos internos destinados àqueles. O pulgão carregava antigamente dois simbiontes (certos animais chegam a ter seis). Hoje, contenta-se com um; em conseqüência, encontra-se-lhe no corpo um aposento para simbiontes habitado e outro vazio.

Os simbiontes e os recintos habitados ou abandonados por êles são um indicador valioso para a história do reino animal. A térmite e a barata, animais muito antigos, descendem de antepassados comuns. Sabe-se disto há muito. Agora, porém, a simbiótica fornece novos e mais íntimos elementos de prova. A térmite e a barata estão muito diferentes; entretanto, os seus respectivos órgãos de hospedagem permanecem idênticos. Daí é lícito concluir que a instalação do "quarto de hospedagem" data duma época em que a térmite e a barata eram iguais. Outro inseto antigo é o grilo. As espécies primitivas existentes na atualidade vivem na Patagônia, na Austrália e na Nova Zelândia, os três fragmentos meridionais de Gondvana. E trazem simbiontes iguais. Já devem êles, portanto, ter vivido nelas, antes que Gondvana se fracionasse. Outros grilos modernos, que pela sua constituição se revelam parentes próximos daqueles, trazem, porém, simbiontes diferentes. É de crer, portanto, que os adquiriram depois da separação. A distribuição dos simbiontes no âmbito duma família, o desenvolvimento, a identidade ou a diferença das habitações para hóspedes, bem como a disposição dos simbiontes, são indícios da antiguidade da simbiose. Quanto mais antiga ela fôr, tanto mais aperfeiçoada é a construção dos órgãos de hospedagem e tanto mais os simbiontes se distinguem, na forma e no modo de vida, dos seus semelhantes livres. Quem acreditaria que o estudo dum fenômeno tão insignificante na aparência, como o das bactérias e cogumelos simbióticos, pudesse vir a ser tão valioso indicador de evolução histórica? Mas tôda pesquisa assemelha-se à procura de ouro. É nas regiões mais remotas do globo que vamos topar com os veios.

4) Resultados fantásticos da moderna pesquisa da simbiose: são simbiontes os glóbulos sanguíneos, os grãos de clorofila, os cromossomos?

Nos primeiros anos do século, apareceu um livro: "Os leucócitos, parasitas dos animais superiores e do homem". O autor punha em discussão esta tese: as células migrantes, que flutuam no sangue como "glóbulos brancos", serão amebas que se introduziram no corpo dos animais vertebrados e com êles vivem hoje, como simbiontes? (Fig. 3).

Fig. 3 — SÃO SIMBIONTES OS LEUCÓCITOS DO CORPO HUMANO? Vista dum gânglio linfático, viveiro das células migrantes.

Naturalmente essa tese, contrariando tôdas as teorias da ciência oficial, provocou os protestos unânimes dos técnicos. Na série dos concursos anuais, o tema era enumerar as provas que testemunhavam contra a nova concepção. Hoje, depois de cinqüenta anos de pesquisa da simbiose, semelhante hipótese ainda é em verdade arrojada; todavia, mesmo a um acadêmico ortodoxo já não faz correr um arrepio na espinha; se tanto, êle ainda meneará a cabeça — o que é, na ciência, um grande progresso. Poder-se-ia dizer que é o caminho habitual para novas verdades. A hipótese de serem os leucócitos simbiontes do animal vertebrado e os gânglios linfáticos, os "ninhos" em que êles vegetam, ao longo dos canais do corpo, é teoria que não se pode provar nem refutar. Não deve ser sustentada como verdade nem condenada como absurdo; cumpre deixá-la simplesmente existir, como as demais fábulas maravilhosas, sôbre o mundo. Com hipóteses como a do gêlo do espaço ou a dos continentes flutuantes não nos tornamos mais pobres nem mais tolos; ficamos, pelo contrário, mais ricos de noções, de idéias, de cepticismo. Cepticismo não só ante as pretensas "teorias falsas", mas também no que se refere às teses acatadas como "certas". Ser céptico é o nível mais elevado que se pode atingir no pensamento. Poder-se-ia dizer, portanto: "O cepticismo é a religião do homem culto".

O mais simples dos vegetais verdadeiros — verdadeiros, porque têm clorofila e, com o auxílio da luz, fazem glicose com o ácido carbônico e a água — são as pequenas algas verdes esféricas, encontradas vivendo livres, como também no interior de inúmeras criaturas. Estabelecem com os cogumelos filamentosos (ficomicetos) uma simbiose tão resistente e difusa, que dela deriva uma criatura simbiótica dúplice: o líquen. Em muitos animais, como nos chamados pólipos de água doce, a pequena alga vive em tais massas, que o pólipo é verde e recebe o nome de "Hydra viridis" (Figs. 6, 15 (dentro da célula helicoidal) e 20, na parte superior).

Como essa alga verde se assemelha na estrutura aos grãos de clorofila e porque os grãos de clorofila não se comportam na célula vegetal como parte desta, mas vivem à maneira de simbiontes, agem independentemente das células, movem-se arbitràriamente e se reproduzem pela segmentação, chegou-se à hipótese seguinte: serão os grãos de clorofila — que vemos na figura 13, à esquerda, no interior duma célula vegetal — algas verdes que se introduziram em épocas primitivas na célula vegetal? Ou, inversamente, aprisionadas pela célula, são agora alimentadas e utilizadas por ela, como servas domésticas?

Os cromossomos também levam na célula vida própria, como se não fôssem partes e sim habitantes da célula em cujo centro vivem, além da parede protegida da membrana nuclear como num "quarto de hóspedes"; movem-se independentemente; dividem-se como as bactérias; mostram-se, à semelhança das criaturas do algonquiano, avessos à luz e sensíveis à radiação; e são — principal circunstância suspeita — como os vírus e bactérias, ricos de ácido nucléico. Derivará acaso a célula moderna duma simbiose entre duas criaturas primitivas? Um bacilo

alojou-se no plasma duma ameba e dessa união resultou a célula das criaturas superiores. Quem se atreverá a dizer "não"? E quem terá a coragem ainda maior de dizer "sim"? À vista da moderna descoberta de classes inteiras de animais, que trazem dentro de si alojamento para os simbiontes e perecem, se lhes tirarem os coabitadores, ante as extraordinárias experiências do nosso século com vírus, bacteriófagos e cromossomos, êsse raciocínio — por mais temeràriamente arrojado que possa parecer e por muitos argumentos que se lhe possam opor — não se nos afigura mais absurdo do que a teoria do universo explosivo, ou a hipótese de que a Lua saiu do fundo do Pacífico, deixando atrás de si um buraco. Podemos, em conseqüência, colocá-lo, "sem vexame e sem remorso", no mostrador das hipóteses científicas. E não esqueçamos: nem só a ciência, mas também a natureza, percorre sendas estranhas.

5) As Bactérias

Seguindo a rotina da observação histórica atual, as bactérias vêm depois dos vírus e dos fagócitos. Ao contrário dêstes, possuem aquelas a faculdade de viverem independentes; são, portanto, os mais simples dos genuínos sêres vivos da época atual. Distinguem-se nìtidamente dos vírus e fagócitos, não só pelo tamanho — transatlânticos ao pé de rebocadores — mas acima de tudo pela sua constituição de protoplasma (Fig. 4). Aquêles são moléculas gigantes, grupos e cristais; formados dêles estas são plasma, uma organização de milhares de combinações. Do flagelo dum bacilo do tifo — note-se bem: não do bacilo, mas do seu flagelo — extraíram-se mais de cem combinações diferentes de ácidos aminados. Não se faça pouco do bacilo; não digamos: "um pontinho vivo". Um homem inteligente pode estudar *um* bacilo a vida inteira, e nunca despertará de manhã com esta idéia: "Que tenho pròpriamente de fazer hoje?"

As bactérias diferenciam-se dos semiviventes que as precederam, pela posse de protoplasma; e das criaturas superiores que lhes sucederam, pela falta de cromossomos — talvez por serem elas próprias cromossomos. Em razão dessa falta, elas não se dividem como as células superiores e sim pela simples segmentação, sendo por isso mesmo denominadas esquizomicetas (cogumelos que se fendem). A maioria delas vive sem luz e sem ar; a luz é a sua inimiga; a escuridão a sua incubadora. Daí o ditado: "O carro fúnebre aparece com dobrada freqüência do lado da sombra da rua". Em compensação, as bactérias gostam do calor. Tudo isto é algonquinismo.

As bactérias são pequenas e vivem ràpidamente; no curso dum dia, multiplicam-se numa dúzia de gerações; e, em razão da sua sensibilidade aos raios, estão sujeitas à mutação, modificando-se fàcilmente os tipos. Essa mudança do tipo é presumìvelmente, na maioria dos casos, a causa do aparecimento e da extinção das epidemias. Irrompe uma epidemia, porque a mutação faz que um bacilo de espécie até aí ino-

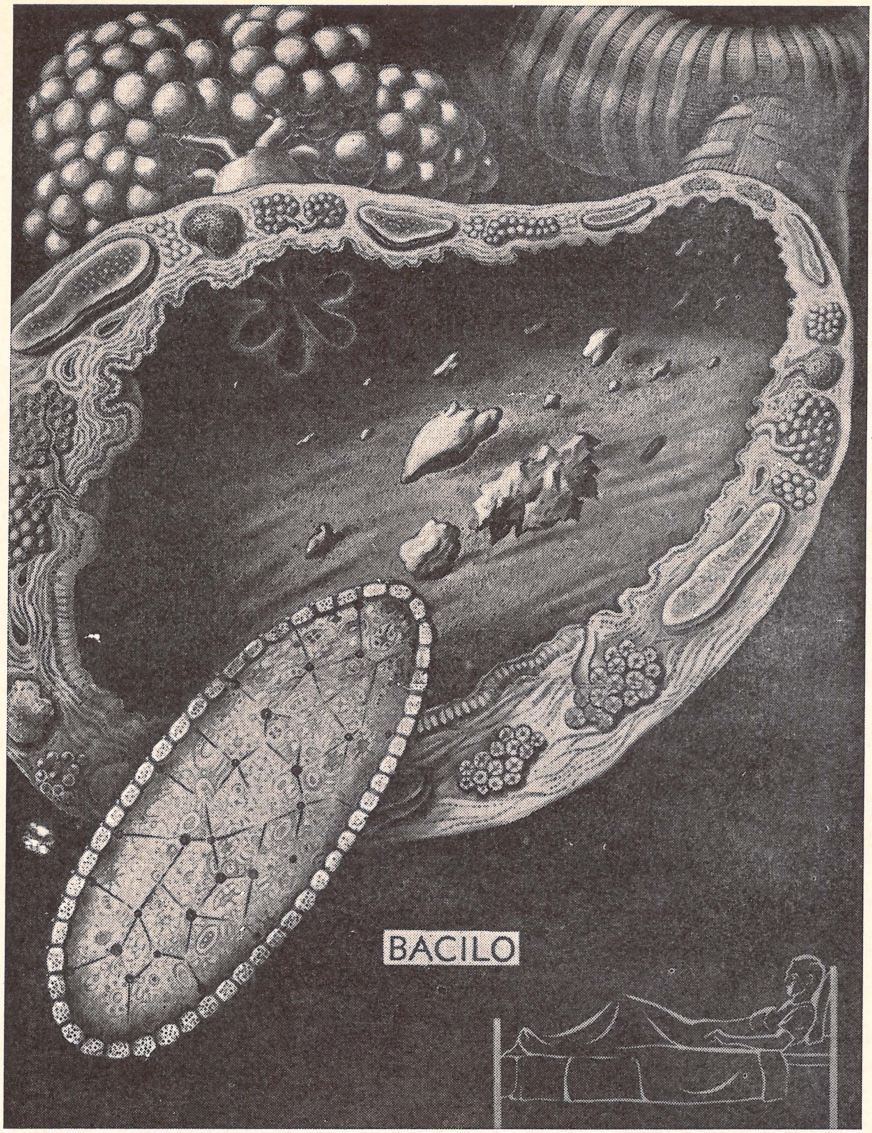


Fig. 4 — A BACTÉRIA. A bactéria é o mais simples dos sêres vivos de vida livre, no mundo atual. Aqui vemos o interior duma traquéia onde um bacilo se introduziu com o pó.

fensiva seja acometido pelo frenesi do "amok" e passe a grassar entre os homens. Ao têrmo dalguns meses o agressor, fatigado, retorna ao estado inofensivo e a epidemia declina. Se assim não fôsse, a humanidade já teria sido exterminada pelas pestes que vitimaram Péricles, na Antiguidade; e, na Idade Média, Ticiano em Veneza, Holbein em Londres.

Dado que se multiplicam ràpidamente e no seu número imenso se manifestam contìnuamente novas "mutações", cujo comportamento se distingue do das outras, e que se tornam troncos de novas espécies, é pràticamente impossível exterminá-las em qualquer parte, já que as bactérias se adaptam a tudo, inclusive às condições aparentemente mais desfavoráveis. Vivem na escuridão e em plena luz; com e sem oxigênio; nas fontes termais e na neve das regiões árticas; no fundo do oceano e nas geleiras das montanhas; existem no mel doce e na acidez gástrica; no chão, no fervilhar das estrumeiras; no alto, na ferrugem do catavento. No mar Negro, abaixo de 250 metros de profundidade, não há vida, porque a vasa envenena o fundo com ácido sulfídrico. Ali só se encontram bactérias. Todos os demais sêres são, em número e na propagação, massa insignificante, comparados aos quintiliões de bactérias que subsistem no planêta.

Apanhemos uma colher de sopa de terra dum vaso de flores; enchamos com ela a caixa dum autômato expressamente fabricado. Digamos que o autômato aspire "eletrônicamente", em dado momento, um bacilo da caixa e que seja fotografado através de um microscópio eletrônico enquanto o bacilo o percorre; a fotografia, em formato cartão-postal, é expelida para fora. Coloquemos êsse autômato na rua, a fim de que cada membro da humanidade passe diante dêle e fique com um retrato. Desfilem os povos da terra: 2.200 milhões, a começar dos esquimós, lapões, finlandeses e suecos, até aos negros da África; depois todos os habitantes de China, da Índia, das ilhas dos mares do Sul, todos os americanos do norte e do sul, de Vancouver à Terra do Fogo e todos, um a um, apanhem uma fotografia. Acabando de passar o último indivíduo terrestre, abramos o autômato e observemos: na colher de terra ainda restam mais bactérias do que os bacilos aspirados pelo autômato. Um grama de terra normal contém 150.000.000 de bactérias; um grama de terra de jardim contém 500.000.000. Agora consideremos o vaso de flores, calculemos quantas colheres de sopa de terra êle contém e quantas bactérias se alojam no vaso de flores. Depois de o ter um instante nas mãos, cheguemos à janela e olhemos o nosso jardim: quantas colheres de terra se estendem diante de nós! Para lá do jardim, começam os campos. Além dêles o panorama da Terra, através da qual — para lhe dar a volta — seria mister viajar semanas. Ainda assim, a nossa vista não abrange a centésima parte do nosso planêta. Chegamos dêste modo até onde o homem pode chegar com o cérebro, ao fato que tentamos formular aqui: os bacilos são os verdadeiros senhores da Terra.

Depois de nos ter o nosso sonho levado tão longe, voltemos e exa-

minemos a palma da nossa mão. Nos seus vincos e depressões, cheios de gordura, de resíduos de células, de impurezas de tôda sorte, as bactérias vivem como na terra do jardim. Enchem as entradas dos inúmeros poros, como a pasta dentifrícia enche o tubo.

Nas nossas aulas de esterilização, um estudante foi convidado a lavar as mãos numa bacia prèviamente preparada, com água morna corrente e uma escôva dura, durante 10 minutos, como se costuma proceder antes duma operação. Depois, segundo os preceitos dos cirurgiões, mergulhou e esfregou as mãos em álcool, durante dez minutos. Por último, banhou-as cinco minutos em sublimado. Depois disso, naturalmente, cada um de nós juraria que aquelas mãos deslumbrantes de alvura estavam isentas de bacilos. Mas íamos desenganar-nos. O estudante premeu o dedo "esterilizado" numa placa untada com ágar, que é campo de cultura para bactérias, e a "cultura" foi colocada na estufa. No dia seguinte, mostraram-nos a placa. Apresentava manchas aparentes. Vistas ao microscópio, as nódoas formigavam. As bactérias não se deixam escorraçar. Limpar de bactérias a mão, com uma escôva, é como se empreendêssemos varrer o chão duma floresta com uma vassoura. O mêdo dos bacilos é absurdo; como é absurda tôda tentativa de se livrar dêles. O médico operador desinfeta as mãos, não para as tornar isentas de bacilos, mas para afastar ou enfraquecer por êsse meio 97 % das bactérias superficiais e fáceis de remover manualmente. As poucas que ainda transmite na intervenção cirúrgica não são suficientes para infeccionar um corpo estranho; ficam-lhe no fundo dos vincos da mão. Mesmo nas manipulações durante a operação, as bactérias permanecem na pele do operador onde não as alcançou a escôva. A mão, se não está estéril, ficou inofensiva.

A cada respiração, aspiramos milhares de bacilos; com cada bocado os engolimos aos milhões; e todo apêrto de mão do nosso próximo transmite-nos uma *bonbonnière* bem sortida cujos confeitos são cocos, bastonetes, vibriões. Quando a vizinha abre a janela e sacode a vassoura, gritando-nos um amistoso bom-dia, a saudação tem duplo sentido, pois da sua vassoura de bruxa se despenha sôbre nós um Niágara de bactérias e cogumelos. Quando o nosso "totó" volta para casa e nos faz festas, o rabo do bicho espalha na sala, como uma hélice, um turbilhão de bacilos; e nem se pergunta donde êles provêm, porque já conhecemos a nossa "trempe". Se as bactérias apresentassem passaporte, o cão não ficaria em casa uma hora sequer. Mas, felizmente, não as vemos, não sabemos delas e elas não nos prejudicam, apesar do horror que nos inspiram. Acaso também não fomos crianças e não nos comportamos — *sunt pueri pueri* — como crianças? Não levantamos a bala caída no pó e não a enfiamos na bôca? Não fumamos até ao fim, com deleite, o tôco de cigarro escamoteado ao cinzeiro? Jamais cigarro fino nos soube melhor mais tarde! E cá estamos, rindo-nos disso, não *apesar de,* mas por têrmos feito isso; porque justamente essa absorção diária de bactérias nos imuniza. Assim como Goethe disse: "Contra os excessivos pre-

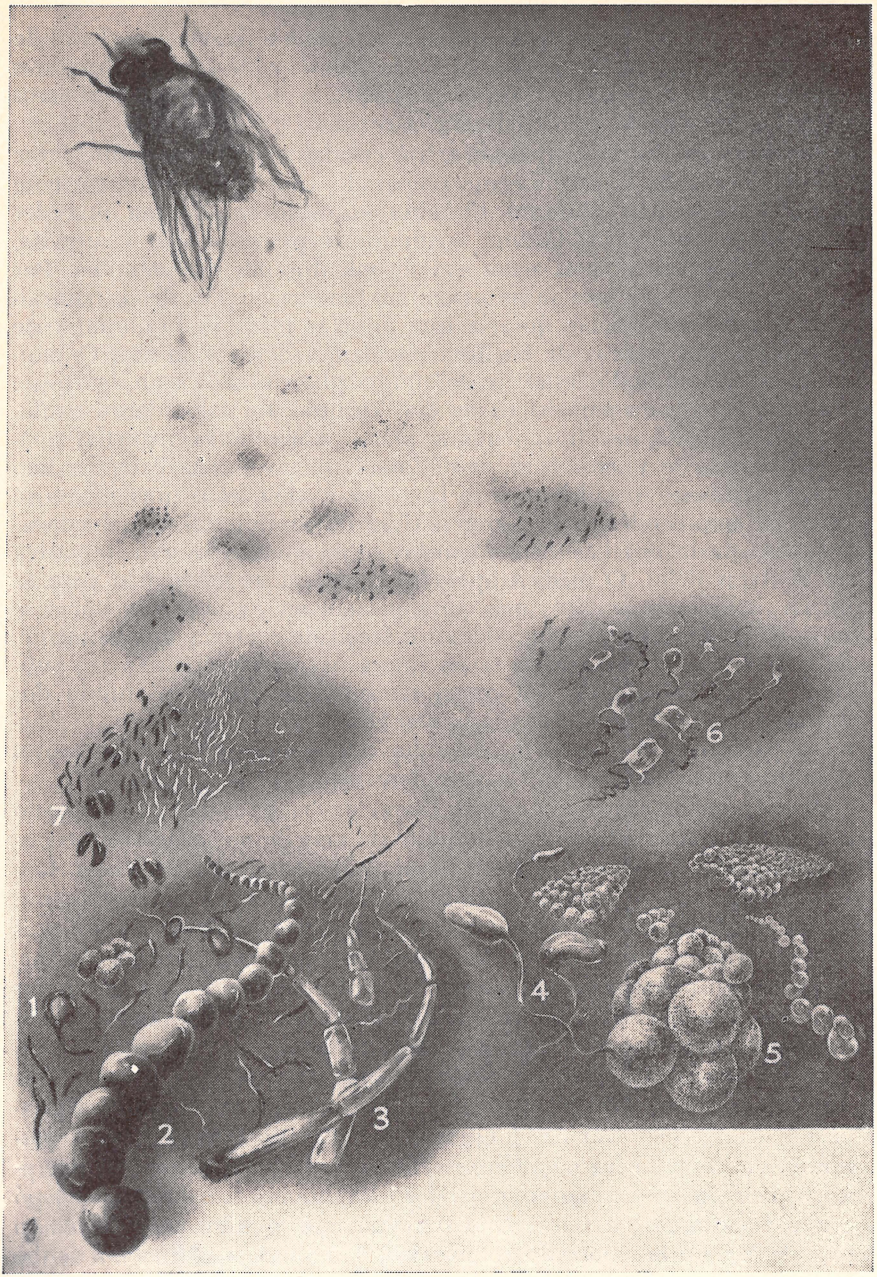


Fig. 5 — O MUNDO DE FORMAS DAS BACTÉRIAS. As bactérias estão em tôda parte. Todo sinal de pata de môsca, todo apêrto de mão, a respiração do homem,

dicados de uma criatura só há um meio: o amor", assim contra as bactérias só uma defesa: bactérias (Fig. 5).

O homem sai estéril do seu âmnio, já antes, porém, de ser envolvido na primeira fralda, contamina-se no nascedouro com milhares de milhões de bacilos. A partir daí, se inicia a grande infecção e imunização. Primeiro as bactérias invadem a pele; depois, com o hálito, a cavidade bucal; mais tarde, com a alimentação, o canal digestivo. Conforme as condições que encontram, desenvolvem-se as diferentes espécies. As que gostam da gordura apegam-se à pele; as "alcalinas" alojam-se na bôca; as que têm predileção pelos ácidos, no estômago. Cada espécie adota determinados processos; e o que umas deixam forma a alimentação das outras. Essa divisão do trabalho é o segrêdo da conservação do asseio na natureza.

Na cavidade bucal do homem, vivem cêrca de vinte espécies que se distribuem lealmente nos resíduos da mastigação, nas células mortas da língua, no suco salivar, na película dos dentes; assim, todo cantinho, qualquer interstício da cavidade bucal, desde a orla dos lábios até à garganta, qualquer covinha na língua, tôda "bôlsa" da gengiva, é povoada por essas espécies, como as ervas e o capim se alastram num prado. Dá-se a essa comunidade de existência a denominação de "flora da cavidade bucal". Uma flora análoga, mas de composição absolutamente diversa, vive no estômago; uma terceira, no intestino grosso; há floras especiais, no dorso da mão, no couro cabeludo, debaixo das unhas. Essas "vegetações" são as protetoras da nossa saúde, já que, à semelhança das ervas dos prados, formam uma comunidade exclusiva, onde os estranhos não encontram ambiente para se desenvolver. Numa cavidade bucal sadia, povoada de bactérias normais, os bacilos da difteria têm pouco ensejo de se propagar; e, num estômago são, bem guardado pelos seus bacilos, os micróbios do cólera perecem, como o provou o higienista Pettenkofer, de Munich, em 1892, — quando a última epidemia de cólera nos portos da Europa alarmava a população — mediante uma experiência arrojada, passando bacilos recentes de cólera no pão com manteiga e comendo-o, sob os olhos dos seus discípulos. Numa pele sadia, não vegetam cogumelos. Mas quando o homem declina fìsicamente, quando a composição dos seus humores vitais perde a harmonia, a flora bacteriana normal da sua epiderme também sofre, e fixam-se os cogumelos, assim como só aparece o musgo nas tabuinhas do teto, quando o tempo apodrece a madeira.

O homem deve recear menos *os* seus bacilos do que *pelos* seus bacilos. São êles os cães de guarda do seu "sítio" que impedem a invasão dos lôbos. Alimente bem as suas bactérias e elas o vigiarão bem.

---

as moedas, qualquer migalha de pão, transportam inúmeras bactérias. A maior parte delas é inofensiva. 1) Bactérias do tétano; 2) Bactérias em rosário, ou em cadeia, da intoxicação do sangue; 3) Bacilos da baceira; 4) Bactérias do cólera; 5) Bactérias em cacho da furunculose; 6) Bactérias flageladas do estrume.

6) O bacilo azotado, filho do algonquiano falto de oxigênio, aprendeu a fixar o azôto atmosférico

Tenhamos a coragem de caracterizar com um superlativo excepcional os feitos excepcionais da natureza: o "paradoxo dos paradoxos" de todos os fenômenos terrestres é provàvelmente o fato de que as criaturas, que se desenvolveram no globo terráqueo, como sêres vivos superiores, e dependem dum abastecimento contínuo de azôto, são incapazes de extrair êsse azôto da sua fonte natural, isto é, da atmosfera terrestre. 79 % da atmosfera constam de azôto em estado livre; vivemos, portanto, no fundo dum mar de azôto, com sêde de azôto. Imaginem-se os peixes das profundidades marinhas, sofrendo de falta de água. Só existe um ser capaz de fixar o azôto livre do ar, em grande quantidade; é um bacilo que por isso se denomina bacilo azotado. Graças à sua adaptação a várias condições de ambiente, êsse bacilo formou uma família cujos membros exercem o ofício de diferentes maneiras. É lícito supor que essa faculdade de fixar azôto seja um "algonquinismo". Naquela era remota, não havia oxigênio; em conseqüência, os filhos do algonquiano hauriam as suas energias da combinação do azôto e hidrogênio, segundo a fórmula 28 g N + 6 g H = 34 g NH_3 amoníaco + 28 calorias de energia. Mais tarde, formando-se água na atmosfera e elevando-se a 20 % o conteúdo do oxigênio, os sêres vivos passaram a haurir energia por outros processos, isto é, a combinar ácido carbônico e água e a queimar êsses hidratos de carbônio, mediante o oxigênio do ar. O azôto, porém, que só dificilmente entra em combinações químicas, recebeu-os sob forma de amoníaco e do salitre dos bacilos azotados; assim se originou a simbiose ainda existente entre os vegetais e as bactérias azotadas.

Cá e lá pode-se ainda hoje verificar visualmente como se operam essas simbioses (Fig. 6). Algas flutuantes agregam-se a bacilos azotados e estabelecem um tráfico de permutas. Os bacilos dão às algas combinações do azôto e recebem, em compensação, amido. É a fórmula fundamental de tôda simbiose de micróbios acromos, ou incolores, e plantas verdes. Nos vegetais terrestres da atualidade, os bacilos azotados instalam-se de regra nas raízes, visto que — por algonquinismo — preferem os ambientes de calor úmido e privados de luz; chamam-se, portanto, bactérias radicícolas.

Dizia-se outrora que existe uma relação de amizade ou, pelo menos, uma comunidade de interêsses entre o bacilo azotado e os vegetais. Sabemos hoje que essas relações não são tão simples. Em primeiro lugar, poucas plantas se prestam a essa simbiose; depois, não pode haver colaboração, porque os bacilos agem na planta à maneira de irritação mórbida. Como no homem contaminado pelos bacilos da tuberculose, no ponto onde os bacilos azotados se acumulam na planta, desenvolvem-se "focos de infecção", nós e tubérculos em que o vegetal encapsula os bacilos. Nesses tubérculos não se encontram, como o exigia a teoria antiga, bactérias bem nutridas, mas bactérias degene-

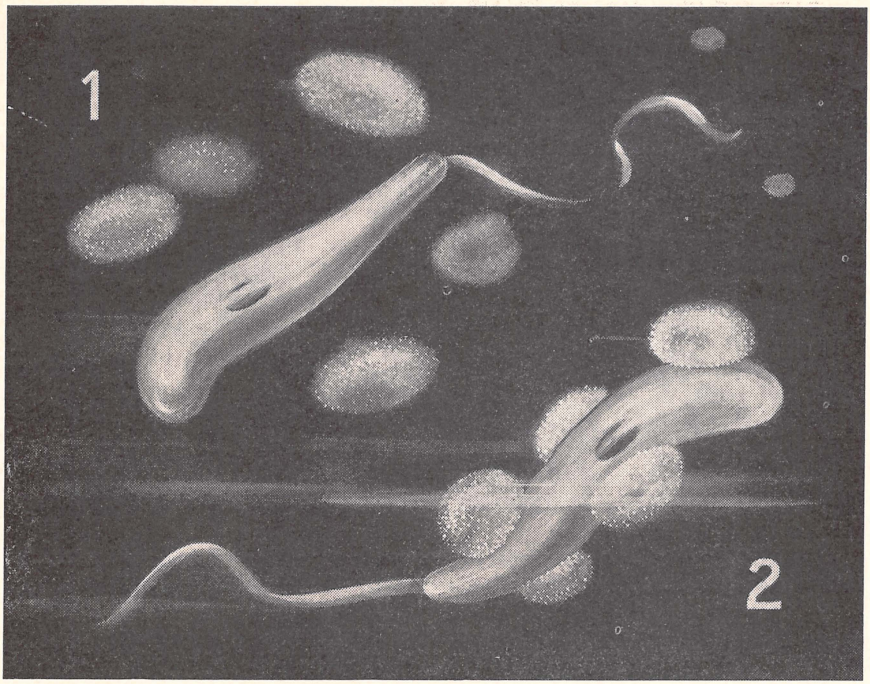
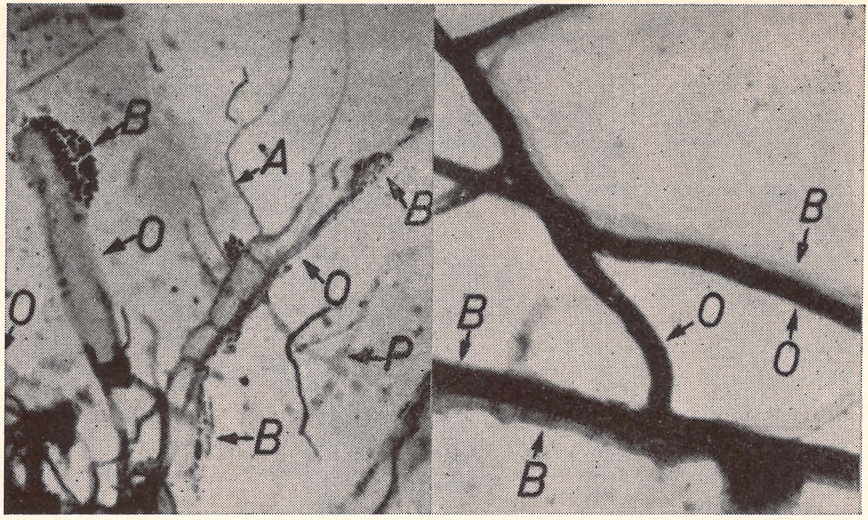


Fig. 6 — A SIMBIOSE MAIS SIMPLES. Algas verdes livres (1) agregam-se temporàriamente a bactérias (2). Durante essa "simbiose" passageira, há òbviamente permuta de matérias.

radas a que se dá o nome de bacteróides. Evidentemente, não se trata de colaboração, mas de luta, de enfermidade, de duelo. Não sabemos quantas plantas desapareceram da cena, vitimadas por essa "tuberculose". Restam em todo caso as espécies atuais e bem adaptadas de legumes: a ervilha, a fava, a lentilha, a ervilhaca, os tremoços que, de fato, graças ao seu elevado teor de azôto, não são apenas plantas nutritivas, mas fertilizam de tal maneira o solo que, depois da colheita, ao contrário do que se dá com outros plantios, a terra contém mais azôto. Semear ervilhaca ou tremoços é adubar naturalmente os campos.

No comêço dêste século, escreveu-se: "O bacilo azotado é o mais antigo e o mais importante dos animais domésticos do homem. Se os bacilos azotados suspendessem hoje o seu trabalho, amanhã as plantas começariam a definhar; depois de amanhã, os homens passariam fome". Hoje, isto já não é exato. O homem aprendeu a arte de combinar o azôto da atmosfera com oxigênio, em salitre, e com hidrogênio em amoníaco, em virtude do que pode adubar à vontade os campos com azôto. Nesse domínio também soube emancipar-se da natureza e da tirania exercida por ela, através do menor dos tiranos: o bacilo azotado.



À esquerda: Fig. 7 — O COGUMELO "OFIOBULUS" (O), vivendo como parasita na raiz do trigo, é explorado por cogumelos (actinomicetes) (A) e por bactérias (B). (Segundo G. Winter).

À direita: Fig. 8 — O COGUMELO PARASITA (O) é acompanhado doutro cogumelo (B) que nêle vive como parasita. (Segundo G. Winter).

7) Os bacilos criam filamentos e tornam-se cogumelos filamentosos

Depois da segmentação, os bacilos têm tendência para andar em grupos. Os germes da pneumonia ou da blenorragia andam aos pares como "diplococos" (cocos = bactéria esférica); os germes do furúnculo aparecem em cacho, como estafilococos; os germes da intoxicação do sangue alinham-se em cadeia ou rosário, como estreptococos (vejam-se, na Fig. 5, os números 1, 2, 3, 5).

Se os bacilos se dispuserem em filas, originam-se fios de bactérias, cogumelos filamentosos. Muitos dêstes instalaram-se, como os bacilos azotados, nas raízes das plantas (Fig. 7). Essa simbiose tem igualmente o caráter de luta. Vêem-se numerosas raízes revestidas completamente de cogumelos. Muitas delas são rodeadas duma zona livre, em tôrno da qual se premem de fora os filamentos dos cogumelos em densas massas, retidos provàvelmente por materiais de defesa. Outras raízes não conseguem guardar-se dêles. Os filamentos penetram nas células e as enchem como novelos.

O ser vivo, na sua natureza mais íntima, é um rapace; cada qual procura apossar-se de tudo quanto pode, sem perguntar donde tira e o que fica aos outros. Aos cogumelos filamentosos que sugam as grandes raízes, agregam-se outros que lhes tiram o que êles furtaram, parasitas

do parasita (Fig. 8). Trata-se de uma "tribiose"; assim sabemos que as pulgas grandes que sugam o homem são inçadas de ácaros que as chupam por seu turno e êsses ácaros vivem cobertos de cogumelos carregados de bactérias. Em geral, as plantas toleram os cogumelos, enquanto êstes são apenas importunos e não intrusos, enquanto a sua presença lhes é útil sob vários aspectos. Em primeiro lugar, os cogumelos as protegem contra outros parasitas; são a sua guarda das raízes. Em segundo abastecem as raízes de combinações de azôto ou lhes facilitam a absorção das mesmas, fornecendo-lhes materiais-chaves. Acontece de fato que, plantadas em terreno isento de cogumelos, as árvores habituadas a trabalhar com os cogumelos radicícolas, lhes sentem a falta. Em terceiro lugar, essas teias delgadas lhes servem de cisternas. Eis porque as árvores que trabalham com tais cogumelos podem viver em solos áridos, onde as árvores sem êsses bacilos definham. A clássica árvore pioneira do reflorestamento dos terrenos áridos é o pinheiro. Por que justamente êle? O pinheiro lança vinte e cinco vêzes mais raízes do que o abeto. O eixo das suas raízes desenvolve até trezentas raízes laterais de segunda ordem. Cada uma delas deita até duzentas raízes laterais de terceira ordem; e assim por diante dezesseis vêzes. Quem gosta de calcular, faça a conta de quantas raízes são; avalie depois que extensão cobririam, colocadas em fila! Se fôsse possível desenrolar a raiz dum pinheiro como uma mangueira de jardim, ela daria para envolver várias vêzes o globo terrestre (Fig. 9). A isso cumpre acrescentar os cogumelos filamentosos que desenvolvem, sem dúvida uma superfície mil vêzes maior. Emendando as raízes como verdadeiras cisternas, o canal assim formado se perderia a distâncias astronômicas. Não faz diferença à inteligência humana dizermos que êle alcança o Sol, ou Netuno ou Sírio. Basta explicar que a raiz com que a árvore suga água da terra atinge extensões impossíveis de avaliar; que, além disso, um cogumelo ajuda a puxar água e que, um solo intato como o da floresta, é todo recheado de raízes e cogumelos filamentosos, como se fôsse acolchoado com algodão úmido. Tal emaranhado de raízes não espera absolutamente que, do alto, a chuva o venha embeber; graças às suas poderosas energias capilares, suga mais e mais água das camadas profundas; assim se explica porque, no verão, em longas semanas de estiagem, as florestas se conservam tão viçosas, como quando chove todos os dias. É que "chove" diàriamente, sem interrupção: mas de baixo, que é donde o vegetal extrai principalmente o seu alimento.

8) Cadeias de cogumelos não-organizados: o lêvedo, a mina de vitaminas

As criaturas superiores que vivem na terra seguram-se contra a perda da preciosa água; como vegetais, mediante a cortiça e a casca gomosa; como animais, com a couraça, o pêlo, o couro. Os sêres simples só podem viver na umidade. Ameaçando-os a sêca, êles encapsulam as

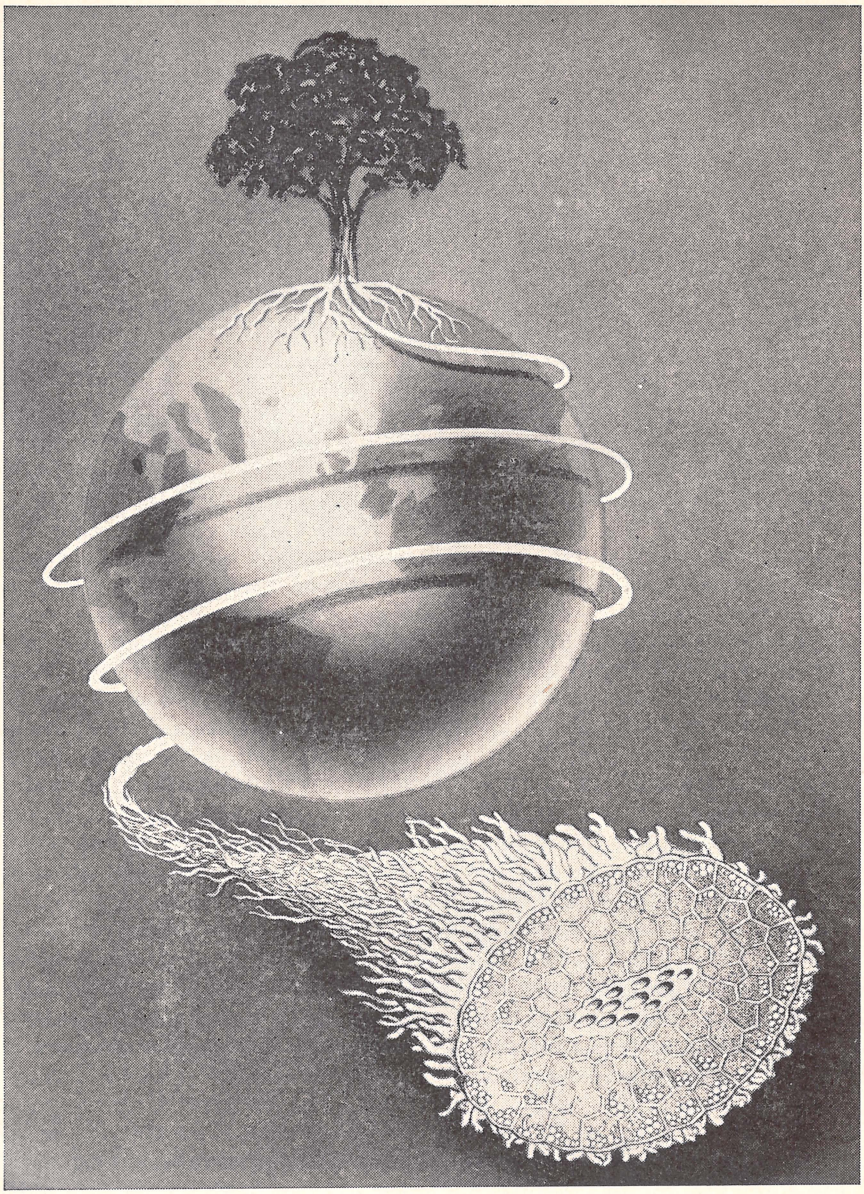


Fig. 9 — UMA ÁRVORE ABRAÇA O GLOBO! Pela sua ramificação continuada 2, 4, 8, 16, 32, etc. vêzes, as raízes da árvore formam um sistema de canais cujos ramais microscópicos, postos em fila, envolveriam várias vêzes a esfera terrestre; ao mesmo tempo, cada uma dessas raízes delgadas se reveste duma camada de cogumelos radicícolas que, na realidade, são parasitas, mas tornam-se úteis como coletores d'água.

partes mais valiosas do seu organismo, isto é, os ácidos nucléicos dos seus gens com os hormônios vitais, fermentos, vitaminas e todos os outros órgãos atômicos, num envoltório impermeável, uma espécie de garrafa atirada à correnteza; e, nesse invólucro, sobrevivem à estiagem. Essas cápsulas denominam-se espórios e, em condições normais, são de duração ilimitada. No princípio do século, Svante Arrhenius apresentou a teoria de que a vida se propagou no universo, de planêta em planêta, por meio dêsses espórios, suspensos na atmosfera sob a pressão radiante do sol.

O bacilo que provoca a baceira, uma doença do gado (Fig. 5, n.º 3), é tão sensível que "morre congelado" à temperatura de 14 graus e não resiste três minutos numa solução fraca de carbol. Os seus espórios são, porém, tão resistentes, que os peixes congelados poderiam transmitir a doença, e não consegue matá-los um banho de carbol durante duas semanas. O bacilo da lepra também é sensível. É notório, porém, o caso dum garôto do Texas que contraiu a lepra, por intermédio dum tapête onde estavam evidentemente disseminados os espórios do bacilo.

Os espórios pairam no ar e chovem em tudo: na carne e no leite, na fruta e no pão, no pêlo dos animais e nos tapêtes; agradando-lhes o campo, ali prosperam. Conforme as condições que lhes oferece a substância acometida, certas raças conquistam a preponderância; no leite, os bacilos do ácido láctico; no suco de uva ou no mel, os lêvedos (Fig. 10, 2).

O lêvedo é um dos sêres primitivos mais próximos das bactérias. Delas se distingue ao microscópio apenas por ser um pouco maior e porque não se divide; não é, portanto, um esquizomicete; mas os seus descendentes brotam, sob forma de botões, e permanecem mais ou menos tempo ligados à célula-mãe.

Jamais houve criatura modesta que desse à ciência e à humanidade mais alimento material e espiritual, alegria de viver e conhecimento que o lêvedo. Se um mágico se postasse diante de nós, arregaçando as mangas, e fizesse surgir na palma da mão grãos de trigo e moedas de ouro, árvores de Natal e elefantes, o homem de ciência teria todo o direito de rir e dizer: "Isso nem é nada!" e de se pôr a descrever a célula do lêvedo.

Até ao princípio dêste século, faziam-se experiências com animais maiores: cães, gatos, cobaias, coelhos, rãs; nêles se estudavam as funções dos órgãos, a circulação do sangue, os reflexos, o mecanismo dos movimentos musculares, o efeito dos medicamentos. No século XX, para alívio dos amigos dos animais, essas experiências se foram reduzindo a proporções mais e mais modestas, uma vez que ia diminuindo mais e mais o interêsse na pesquisa das grandes funções. Os animais maiores foram substituídos pelos menores, dentre os quais aprendemos a conhecer a drosófila e a neurospora. Històricamente, o primeiro nessa série foi o lêvedo e, em verdade, por uma razão evidente. Os lêvedos são os minúsculos animais reprodutores da grande indústria da fermentação. Pela volta do século, quando as velhas fábricas patriarcais se modernizaram em bases científicas — e se iniciou o intercâmbio internacional

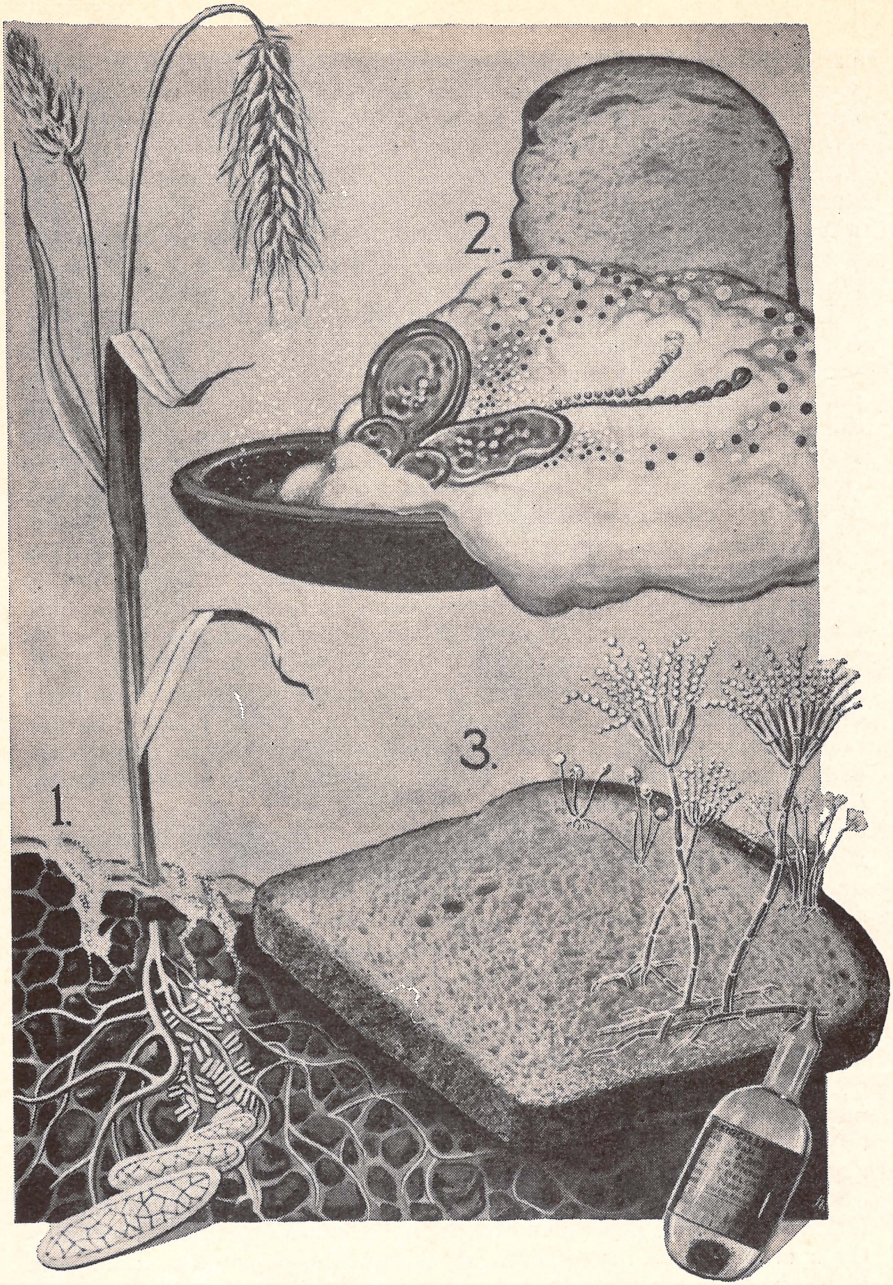


Fig. 10 — OS TRÊS "GRUPOS PRIMITIVOS": BACTÉRIAS, LÊVEDOS E COGUMELOS FILAMENTOSOS, A SERVIÇO DA HUMANIDADE. As bactérias (1) auxiliam os vegetais na composição das combinações superiores; os lêvedos (2) provocam a fermentação da farinha; o cogumelo filamentoso ou bolor (3) fabrica penicilina.

de mercadorias, com a crescente concorrência — fundaram-se laboratórios, e os químicos empreenderam criar novas espécies de fermentos, fabricar "melhores" produtos exportáveis, cervejas, vinhos, conhaques, com variedade de sabor e outras propriedades. Sabe-se, na ciência, onde começamos; o que não se sabe é aonde vamos chegar. Pela cultura de lêvedos, em diferentes condições, originavam-se contìnuamente novas espécies com propriedades imprevistas. Como já era de esperar, dada a quantidade de espécies, a célula do lêvedo não se revelou absolutamente sob o aspecto de ser vivo simples. Descobriu-se que a célula do lêvedo, por mais que pareça modesta e de vida tão primitiva, respira de maneira complicada e utiliza nisso fermentos respiratórios que são moléculas gigantes como as do sangue da rã, do rato branco, ou do homem; e verificou-se que é possível estudar muito melhor essa respiração nas minúsculas células do lêvedo do que em animais de grande tamanho. Ocuparam-se então, não só os químicos da fermentação, mas também os outros bioquímicos com a célula do lêvedo; ela passou a figurar na primeira fila dos "animais de experimentação", primeira cobaia microscópica que, rigorosamente, não é sequer um animal e sim um membro do reino primitivo dos microrganismos. Nas primeiras décadas dêste século, apareceram não menos de mil e quinhentas obras sôbre o lêvedo. Como frutos das numerosas pesquisas, não só se determinava a estrutura química dos primeiros fermentos respiratórios mas, dentro em pouco, se descobriam também as primeiras vitaminas. E, neste episódio da ciência, as coisas se passaram como nas fábulas: o garôto, indo em visita à madrinha enfêrma, perde-se na floresta e vê-se de improviso diante dum castelo encantado, onde se festejam as bodas da princesa. Procurando cerveja exportável, encontraram-se vitaminas.

E chegou-se a quatro resultados fundamentais:

Primeiro: A fermentação não depende da cooperação do ser vivo. O suco espremido do lêvedo contém todos os ingredientes necessários à fermentação. Há dois mil anos, vive no cérebro dos cientistas um fantasma: a "Vis vitalis", a vitalidade inerente aos sêres vivos e que, pelas suas energias especiais, os distinguiria das criações inorgânicas inanimadas. E, como todo fantasma, êsse também demonstrou ser uma quimera. Em 1828, Wöhler conseguiu a primeira combinação orgânica na retorta, produzindo uréia artificial. Êste fato, que hoje se nos afigura tão simples, foi então um acontecimento que provocou uma revolução espiritual. Pela primeira vez, o poder da ciência se evidenciava a todos os olhos; o homem podia realizar, nos seus laboratórios, coisas até aí consideradas privilégio exclusivo dos sêres vivos. A crença no "sôpro vital" foi abalada. Era o primeiro golpe contra o espantalho do "espírito vital". O último foi infligido ao colosso de barro pelos irmãos Buchner, espremendo lêvedo em prensas modernas de alta pressão; o suco assim obtido revelou-se capaz de produzir o processo da fermentação, acompanhado de respiração e aquecimento. Desvendava-se a todos os olhos uma nova concepção do universo: não há diferença entre

vivo e inanimado. O vivente é uma potenciação das fôrças normais da natureza.

Segundo: No suco dos lêvedos espremidos abundavam as grandes moléculas, algumas das quais aparecem nas figuras 132 e 137 do 1.º tomo, e na de número 11 dêste volume. A palavra "suco", porém, não corresponde absolutamente à verdade; cumpre-nos dar uma idéia mais adequada: faça-se de conta que se trata de estender com um rôlo, não a massa preparada pelas células do lêvedo, mas uma célula isolada; temos, pois, diante de nós um pontinho mil vêzes menor do que o ponto dêste *i*. Espichemos êsse disquinho até atingir uma superfície mil vêzes maior; aí o temos do tamanho do ponto. Repetindo a operação, o disco toma as dimensões duma fôlha. Continuemos a estender mil vêzes a última superfície conseguida, ainda não vemos nada, embora a lâmina de massa já transborde dos cantos da mesa. Adelgaçando-a mais, a fôlha, transparente como musselina, cobre a área dum campo; vemos então que o pontinho "célula de lêvedo" está constituído de estrelinhas, como a neve de cristais. Várias centenas de milhões numa única célula; e todos êsses desenhos se entrosam um no outro. Não ficam imóveis, mas trabalham como as engrenagens dum relógio em movimento.

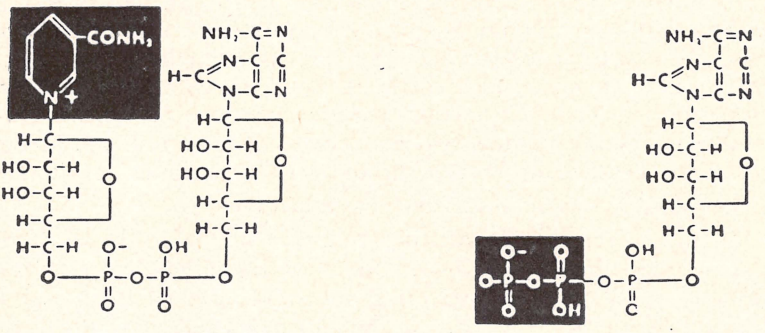


Fig. 11 — FERMENTAÇÃO E RESPIRAÇÃO. Dois dos diferentes materiais-chave com que as células do lêvedo trabalham durante a fermentação. À esquerda, um fermento respiratório que tem como "palhetão" da chave (em fundo prêto) uma vitamina. À direita, o trifosfato de adenosina, assim chamado pelos seus 3 átomos de fósforo. O grupo fosforoso, em fundo negro, acumula energia e desloca-se em vaivém, dezenas de vêzes, como o êmbolo no motor, com a energia acumulada.

Elas

Trabalham ao tear veloz do Tempo,
Tecendo a roupagem viva da divindade.

Nessa estrutura descobriram-se — isso constitui o terceiro resultado da pesquisa do lêvedo — os materiais chaves moleculares, e determinou-se a natureza da sua atividade. Êles não são consumidos; funcionam como chaves; giram na fechadura e são utilizados sem se gastarem; aberta a porta, as chaves podem voltar ao bôlso intatas, ao

contrário do que se dá com os fósforos. A fermentação é um "proccsso catalítico"; assim se denomina a intervenção de órgãos não suscetíveis de se alterarem nas mutações atômicas. Um dos órgãos contém três átomos de fósforo, em razão do que se denomina "trifosfato de adenosina" (Fig. 11). Sabia-se há muito que o fósforo figura entre os elementos imprescindíveis da vida; mas, até então nunca se pudera deitar a mínima vista de olhos ao mecanismo da ação do fósforo. Já agora conseguiu-se fazê-lo com sucesso. O trifosfato de adenosina possui a faculdade de transmitir energia. Desloca em movimento de vaivém o grupo do fósforo impresso em negro e carrega de energia o âmbito do trabalho. Pode-se — o que é naturalmente uma idéia acessória — compará-lo ao cilindro do automotor, que condensa, comprime, "descarrega" pela explosão a gasolina, carregada de energia, e transmite a energia livre ao êmbolo. Assim age provàvelmente o grupo do fósforo, ao lançar a energia da molécula de açúcar ao micelo das fibras musculares. Todos os tecidos de atividade intensiva são ricos de fósforo. Pode-se dizer que a quantidade de trifosfato de adenosina corresponde ao número de cilindros do nosso motor. No século passado, quando se descobriu a abundância de fósforo no cérebro, o espirituoso Moleschott lançou o dito que se tornou famoso: "Sem fósforo, não há idéias". Êle nada sabia do trifosfato de adenosina. Também nós estamos ainda longe dc saber como funcionam as células do pensamento — uma bela tarefa para a ciência dos séculos vindouros! Sabemos, porém, porque a célula nervosa é rica de fósforo. Podemos, numa rápida vista de olhos, percorrer estas linhas, porque o trifosfato de adenosina se desloca em milhares de vaivéns por segundo nas fibras musculares dos nossos olhos; e é possível captar as palavras que lemos, com a "velocidade do pensamento", porque o trifosfato corre dum lado a outro nas células do pensamento, na substância cortical do nosso cérebro, como a lançadeira dum tear, tecendo a trama das nossas idéias como a urdidura dum pano de casimira.

Quarto: entre os órgãos da célula do lêvedo, descobriram-se as primeiras vitaminas, uma das descobertas mais importantes do século. As vitaminas originaram uma verdadeira revolução no sistema de vida. A noção de que numerosas enfermidades internacionais, como o escorbuto, o beribéri, a pelagra, o raquitismo, bem como metade das doenças da pele, dos olhos e das glândulas, na infância, são perturbações da nutrição, conseqüências da avitaminose, ou falta de vitaminas, e que uma "alimentação sadia", algumas gotas diárias de suco de tomate e de sumo de limão, uma ponta de faca de manteiga fresca podem curá-las milagrosamente e varrê-las como por encanto da face do mundo, essa "vitalidade pela vitamina" é uma das maiores conquistas da história da medicina. A datar do dia em que se espremeram células do lêvedo, como doadoras de vitaminas, em prensas de alta pressão, o mundo cobrou saúde, mais e mais saúde, livrou-se de moléstias milenárias da civilização. Os romanos construíram o Panteão, onde os deuses estavam reunidos em círculo. Hoje, em lugar das divindades, povoam os Panteões os sarcófagos e os bustos dos grandes homens. Seria justo erigir um

Panteão da Ciência, não para os indivíduos, e sim para os objetos que favoreceram o progresso científico: o *homo diluvialis, scheuchzeri,* o homem de Neandertal, o pitecantropo, o homem das cavernas de Cro-Magnon, o minúsculo e fusiforme anfioxo, a ave primitiva *archäopteryx,* o bolor que nos deu a penicilina, a drosófila, a ervilha do Padre Mendel, a *oenothera lamarckiana,* que desvendou a mutação — tudo isto, sem esquecer principalmente a célula do lêvedo.

9) A fermentação e os seus produtos: pão e vinho

Deixando as substâncias açucaradas: massas, compotas, mel, uvas machucadas, expostas ao ar, caem sôbre elas, juntamente com outros, os espórios do lêvedo e começam a decompor as moléculas do açúcar. O açúcar que desaparece é substituído pelos produtos de decomposição: ácidos, álcoois e partículas de água e ácido carbônico. Desaparecendo o açúcar, as substâncias perdem o gôsto doce; e, originando-se os ácidos, elas adquirem sabor azêdo; o ácido carbônico as torna efervescentes, o álcool lhes dá propriedades inebriantes. Êsse processo denomina-se fermentação. O lêvedo não é só o animal doméstico dos padeiros, mas também da indústria do álcool; é, para ela, o que a vaca é para a indústria leiteira, a galinha para o comércio de ovos. O "álcool" é um produto da célula do lêvedo.

Todos os povos da terra, uns independentemente dos outros, descobriram que os líquidos açucarados, expostos ao ar, fermentam e que, em conseqüência, dentro de certo prazo o álcool aparece como subproduto incidental; todos experimentaram e apreciaram os efeitos do álcool: o aquecimento do sangue, a excitação da alegria de viver, o estímulo às idéias, a intensificação da sensação erótica, uma vivacidade, um colorido da fantasia difìcilmente atingíveis em estado de sobriedade. Graças ao álcool, o imbecil julga-se um gênio; quem não faz nada gaba-se de fazer tudo; o cobarde blasona dos seus feitos heróicos; o pobretão considera-se um rei. Por isso, o álcool é o elixir dos pobres, o leite dos poetas, a água no festim da vitória dos heróis.

Agora, Nestor, o velho beberrão,
Que viu três gerações,
Estende a taça engrinaldada de folhagem
À chorosa Hécuba:
Esvazia a taça do consôlo
E esquece a grande dor!
É portentosa a dádiva de Baco,
Bálsamo para o coração dilacerado.

Qual foi o primeiro ato de Noé, depois do dilúvio que o depôs numa encosta meridional do Cáucaso, onde a videira medrava como planta bravia? "Noé, o lavrador, começou plantando um vinhedo. Bebeu o vinho e embriagou-se." O dilúvio acontecera em vão.

Introduzindo o lêvedo na farinha molhada, aí também se inicia a fermentação, porque entre as moléculas de amido há sempre moléculas fragmentadas de amido, isto é, açúcar, em quantidade suficiente para que a célula do lêvedo possa reproduzir-se e produzir álcool e ácido carbônico. O álcool aparece em pequenas gotas microscópicas; mas o ácido carbônico, por ser um gás, forma bôlhas. Gotas e bôlhas incham a massa. Se a pusermos ao forno quente, o álcool, como o ácido carbônico, se evaporam; fica a substância com os espaços vazios, o miolo poroso do pão. Devemos, em conseqüência, ao lêvedo o pão, o alimento fundamental; e o vinho, o estimulante mais antigo, ainda reinante nos nossos dias, apesar de tôdas as revoltas. Começa com pão e vinho, e com pão e vinho termina, a Bíblia: Adão, o primeiro pecador, viu-se condenado: "Comerás o teu pão amassado com o suor do teu rosto". E Noé, o primeiro patriarca, se embriagou, semeando assim a discórdia entre os seus filhos: as raças humanas. Três mil anos mais tarde, o livro termina com os últimos dias de Cristo: "Indo comer, Jesus tomou o pão, partiu-o, rezou a bênção e deu-o aos discípulos "Tomai e comei; é o meu corpo". Apanhou o cálice, benzeu-o e estendeu-o em derredor: "Bebei disto: é o meu sangue".

10) Cadeias de cogumelos organizados: o bolor, produtor da penicilina

Entre as pessoas que não se ocupam com a natureza, o cogumelo mais conhecido é o bolor, por ser um dos raros microrganismos que às vêzes emergem do mundo subterrâneo para a esfera do visível. Na época da maturidade, o bolor manda para o mundo superior àrvorezinhas com cápsulas de pólen, semelhantes às das flores. Não são flores e, històricamente, não têm com a inflorescência das plantas superiores relação alguma. Entretanto a parecença é inegável. Aqui se nos depara o primeiro exemplo de "paralelismo".

Na natureza, como no mundo humano, os mesmos problemas resolvem-se não sem exceção, mas de regra — pelos mesmos métodos. De todos os corpos, o que rola melhor é a esfera; se queremos fazer rodar uma massa, damos-lhe a forma de bola. A roda também é uma esfera a que se tiraram as partes que, na rotação, não tocam o solo. Para pairar na atmosfera, são necessários "planos suportadores"; em conseqüência, estendem-se asas ou velas. Centenas de vêzes, na história da natureza e da humanidade, independentemente dos vegetais e dos animais, em todos os povos e nas oficinas, inventaram-se para o movimento, esferas, rolamentos, cilindros, rodas, "lagartas", e, para a navegação, velas, asas, barbatanas, planos e pára-quedas; e, quer nas invenções da natureza, quer nas da técnica, aparece constantemente a hélice. Para difundir os seus descendentes através do ar, o vegetal cresce primeiro em altura, depois estende-se em tôdas as direções; assim nascem os galhos. A fim de dar lugar a muitos galhos, êstes ramificam-se e,

como o fazem em ângulos e distâncias iguais, origina-se a "ordem". Isto não é manifestação duma inteligência especial, não exige "talento inventivo"; é apenas um princípio que se apresenta automàticamente. Assim aparecem de contínuo, na natureza, "arbustos", nas moléculas, quando muitos grupos de átomos se inserem convenientemente no "eixo"; nos cristais, por exemplo: como flores de gêlo na vidraça, no coral, nas algas decorativas, no musgo, nos fetos, nas coníferas, nas ervas e nas árvores folíferas, na coroa das aves, na armação do veado. São paralelismos. Assim, também nos fungos, e pelo mesmo motivo, se originaram "àrvorezinhas", coroas que parecem flores.

Nada é mais fácil do que cultivar o bolor. Basta deixar alguns dias, num lugar quente e úmido, um naco de pão molhado, de queijo seroso, um fruto passado, um limão, um pepino curtido, brotam logo os espórios que chovem da atmosfera. Em poucas dezenas de horas, os cogumelos estão maduros e estendem as "flores" no ar. Quem dispuser dum microscópio, mesmo de fraca ampliação, não pode imaginar nada mais belo do que a vista dessas palmeiras em miniatura (Fig. 10, 3). Até a cozinheira, convidada a apreciar o espetáculo, se tiver um pouco de sensibilidade, não reprimirá uma exclamação de enlêvo e, pelo menos por meia hora, fará as pazes com o seu inimigo jurado: o bolor.

Êsse abominado bolor dos cantos da cozinha tem agora, positivamente, a sorte da Cinderela dos velhos contos populares. Entrou, não convidado e às escondidas, pela porta dos fundos, no palácio da ciência; instalou-se petulantemente num dos bem protegidos recipientes de vidro onde os bacteriologistas criam culturas de bacilos.

Descobriu-se, num laboratório inglês, uma placa onde o bolor se espraiara à vontade, e verificou-se que as bactérias recuavam respeitosamente. O bolor afugenta as bactérias. A substância dotada dêsse poder "bactericida" recebeu, em razão da denominação científica do bolor: "Penicillium", o nome de penicilina; e a sua estrutura foi definida como a urdidura molecular de que tratamos no primeiro volume (Fig. 130). Verificou-se em breve que não há apenas uma penicilina, mas uma série de penicilinas, e que não só o bolor mas também outros cogumelos, e até plantas maiores como a batata e várias espécies de couve, produzem substâncias análogas. Dá-se a êsse grupo — que, aliás, ainda não foi amplamente explorado — o nome de antibióticos, porque são "anti-bios", isto é, utilizados contra a vida doutras criaturas.

O homem é muito pronto em excogitar explicações cômodas; por isso se disse: os sêres vivos produzem antibióticos, para se defenderem da hostilidade doutras criaturas. Mas essa teoria utilitária, tìpicamente humana, pode não ser exata, já que, em primeiro lugar, só algumas espécies geram antibióticos. Bem perto delas, vivem espécies afins que não os produzem e nem por isso passam pior. Em segundo lugar, as penicilinas só agem contra determinadas espécies de bactérias, apenas contra as bactérias esféricas: os cocos, como pneumococos e gonococos; não têm efeito contra as bactérias bastonetes, denominadas bacilos; isto

é, não têm poder contra o bacilo da peste e o da tuberculose. Em terceiro lugar, as quantidades de antibióticos produzidas no solo pelos fungos em estado natural são tão insignificantes, que não é possível falar de efeito propício à vida. Em terrenos úmidos, os vestígios do antibiótico diluem-se imediatamente milhões de vêzes e desaparecem, sem efeito, nas inúmeras lacunas cheias de água da crosta terrestre. Os antibióticos só produzem efeito no corpo humano, por ser êste um terreno virgem, onde nenhuma outra substância se opõe à penicilina; porque no corpo humano, doente em cada caso, só uma ou poucas espécies de bactérias se instalaram produzindo "infecção", como o estreptococo, na intoxicação do sangue; e porque se injetam como medicamento quantidades de penicilina milhões de vêzes superiores às do habitat natural, no solo. À semelhança da maioria das coisas na natureza, a penicilina não tem finalidade. O bolor não tira proveito algum da penicilina. O primeiro ser que dela se valeu foi o homem — 750 milhões de anos depois da "invenção". Esta ocorreu evidentemente após o fim do algonquiano, porque só produzem antibióticos os cogumelos que vivem à luz e respiram oxigênio.

Libertemo-nos dos conceitos errôneos no século XIX; dizia-se então que a natureza é metódica e trabalha com objetivos. Diante de tôda descoberta de fenômeno natural, desistamos de lhe investigar o sentido; não andemos à cata de finalidades, não brademos triunfalmente: "Como é sábia, como é previdente a Natureza! Como é digna de ser imitada!" O que vemos como natureza em tôrno de nós são os resíduos de insucessos milhões de vêzes mais numerosos e desaparecidos. É o caso do templo com os ex-votos dos náufragos salvos. Não pendem lá as oferendas dos afogados, milhares de vêzes superiores em número. Como quase tudo na natureza, a penicilina não tem finalidade. A natureza assemelha-se ao gênio que veneramos como o tipo supremo da nossa espécie e cujo característico é criar coisas sem finalidade: escrever poemas, pintar quadros, compor sinfonias. Assim a natureza, artista fantástica, pinta nuvens sôbre o fundo azul do céu, e deixa-as flutuarem no firmamento, à guisa de ilhas fabulosas e castelos irreais, assim faz que desabrochem as flores, que os pássaros cantem na ramagem e que, abaixo dêles, passeie um par de namorados, trocando os doces absurdos das frases amorosas... Eis a natureza.

Após a introdução de certas penicilinas, observaram-se efeitos secundários inesperados. Os animais crescem mais depressa, as galinhas põem mais ovos, as vacas produzem mais leite, as ovelhas, absolutamente em contraste com a moral da sua espécie, pouco depois de dar cria, deixam-se fecundar outra vez.

A princípio estava-se diante dum enigma; mais tarde, porém, mediante a pesquisa dos animais, chegou-se à seguinte verificação absolutamente natural: as penicilinas reprimem no intestino o desenvolvimento das bactérias, reduzindo-as a uma fração do seu número. As bactérias intestinais são simbiontes, comensais. Diz-se até — mais uma vez a teoria utilitária — que elas nos são úteis, porque tornam diges-

tíveis as partes indigeríveis da alimentação: as celuloses; mas òbviamente pagamos por isso um preço muito elevado. Como nas famílias de criadagem numerosa, elas consomem mais do que produzem. Comemos muito, porque temos de alimentar não só o nosso corpo mas também as bactérias intestinais. Pode passar com pouco o indivíduo isento dessas bactérias; provam-no os povos que se contentam com um regime alimentar unilateral. Aos soldados chineses dá-se, à noite, o arroz que lhes cabe nas palmas das mãos abertas; e nisso se resume a sua ração cotidiana; os esquimós vivem exclusivamente de carne de rena e de óleo de peixe; o beduíno, durante as suas semanas de jornada através do deserto, não leva como provisões senão a saca de tâmaras e o odre cheio de água. Também a alimentação dos santos de todos os povos tem sido tão frugal, que admira lhes bastasse para viver. Apesar disso, êles envelheceram como patriarcas. Durante a primeira Grande Guerra, quando a Alemanha foi bloqueada, o fisiólogo dinamarquês Hindhede fêz propaganda do seu "regime de carestia", demonstrando êle e os seus discípulos que é possível viver e conservar sãos o corpo e o espírito, durante meses, com a metade do chamado "mínimo de subsistência". Conhecemos agora o segrêdo dêsses "jejuadores". Êles não jejuavam; o seu sangue recebia nutrição suficiente. Durante o jejum, fazem dieta não só o indivíduo, mas também as bactérias do intestino. O seu número diminui, o que se manifesta na diminuição das fezes e em que o homem só evacua duas vêzes por semana uma pequena quantidade de matéria fecal densa e absolutamente inodora, porque os excrementos humanos constam principalmente de bactérias — de bactérias que o homem nutre com a sua alimentação.

O problema alimentar da humanidade não é: "Como havemos de criar mantimentos suficientes para todos os homens?" e sim: "Como havemos de nos livrar do excedente de simbiontes tão bem nutridos no nosso intestino, onde se banqueteiam descaradamente, como os pretendentes no palácio de Ulisses?" Ainda não se pode afirmar que a administração de penicilina seja o método adequado. Em todo caso, as experiências com penicilina nos esclareceram o problema. Chama-se êste: "política de povoamento". Luta contra o excesso de simbiontes no nosso intestino grosso. Emancipação das massas de alimentos compactos que nos atulham o canal digestivo e nutrem as bactérias. O homem do futuro, livre do excesso dos seus simbiontes, pode ter — e terá prcvàvelmente — intestino mais curto, estômago e fígado menos volumosos, coração e rins aliviados das horas de trabalho da locomoção do suco digestivo — progresso notável na história da evolução, na desanimalização do homem. E essa descoberta acessória, absolutamente imprevista, da pesquisa da penicilina será talvez a mais importante, o valor mais duradouro que a antibiótica há de dar à humanidade.

Capítulo II

CLOROFILA. O SER VIVO VERDE. O VEGETAL

1) Fêz-se a luz; as células começaram a absorvê-la e, conseqüentemente, tornaram-se coloridas: vegetais

Narremos no estilo mitológico em que a ciência fala das impenetráveis eras primitivas: Quando, após o tenebroso período algonquiano, a atmosfera clareou, com a luz, uma "energia", vinda do universo, inundou a terra e, com essa energia, os sêres vivos começaram a acionar o mecanismo do seu plasma. Quando uma substância extrai da luz solar determinados comprimentos de onda, a substância parece-nos colorida. Se absorver todos os raios luminosos, nós a denominamos preta. Se tomar o comprimento de onda do alaranjado, o resultado será uma combinação de ondas que assume um tom verde. Os vegetais são verdes porque (na sua maioria) absorvem do espectro o comprimento de onda alaranjado. A molécula com que o fazem é a clorofila, complexa molécula-gigante cujo núcleo aparece, na figura 12, ao lado da matéria

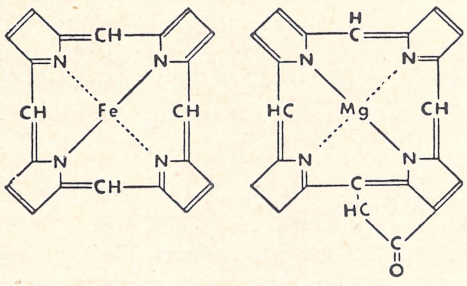


Fig. 12 — VERMELHO DO SANGUE E VERDE DA FÔLHA. A parte central da molécula do vermelho do sangue (à esquerda) e do verde da fôlha (à direita) coincidem até ao átomo central do eixo que, no corpo animal, é ferro (F) e, no corpo vegetal, magnésio (M). Não há nenhum parentesco entre êles; mas vemos aqui um dos inúmeros paralelismos na natureza. (Segundo Meyerhof).

corante do sangue, a hemoglobina. As duas moléculas parecem-se, a ponto de darem a impressão de serem irmãs; e como tais as considerava outrora o mundo contemporâneo. Entretanto não o são; desenvolveram-se independentemente e constituem um exemplo de paralelismo. Por isso ninguém se admire, se ler que, por meio do espectroscópio, se verificou a existência de clorofila em Marte. Quando os sêres vivos se suprem de energia da luz solar, forma-se clorofila — tese arrojada, mas que deveria ser exata.

As duas matérias corantes diferenciam-se pelo átomo central: numa é magnésio; na outra, ferro. A diferença explica-se pela diversidade das tarefas. O verde da fôlha fixa os vestígios insignificantes (0,03 %) de ácido carbônico existente na atmosfera; o vermelho do sangue absorve os 21 % disponíveis de oxigênio. Em ambos os casos, o processo representa uma cadeia de cêrca de doze elaborações, favorecidas por uma série de processos circulatórios. As grandes moléculas dos fermentos tra-

balham nisso como engrenagens, e agem como "dentes" as vitaminas situadas nos extremos da molécula (Fig. 11). O magnésio, no centro da clorofila, magnetizado pela luz, acumula nesse estado 4 quanta e decompõe com essa energia a molécula da água, H_2O. O oxigênio assim libertado não deriva do ácido carbônico, tal como se presumia outrora, e sim da água. É esta que se decompõe, enquanto o CO_2 se combina com o H libertado, formando o grupo COOH, característico dos ácidos. A fórmula do processo é a seguinte:

$$CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2$$

Ácido carbônico + Água = Hidrato de carbônio + Oxigênio

Mas a síntese não se opera dessa forma simples e não aparece uma combinação tão simples como CH_2O, o formaldeído. Com o auxílio dos isótopos radioativos do carbônio e do hidrogênio, pesquisa-se atualmente essa "fotossíntese" com que a ciência do século passado se preocupou tanto e em vão. Assim que esteja desvendada, passaremos sem dúvida a imitá-la e produziremos açúcar artificial. Fabricaremos, porém, para a alimentação dos homens, não açúcar, mas glicogênio (tomo I, Fig. 127); e pouparemos assim ao corpo a transformação de açúcar em glicogênio. Desta maneira, tornam-se supérfluos a elaboração e os fermentos; e, com o tempo, também sob êste aspecto, se há de simplificar o aparelho digestivo de funções tão numerosas e, por isso mesmo, tão complexo. Deixaremos de patinhar nos arrozais, de plantar beterrabas, de debulhar cevada. O longo castigo a que Adão foi condenado aproxima-se do fim. Muito suor correu, em verdade, por causa dêsse pecadilho...

2) Célula vegetal e célula animal

Só nas algas mais simples o verde-fôlha se distribui nas células como solução. Nos vegetais superiores, concentra-se em pequenos discos semelhantes aos glóbulos sanguíneos do homem, com os quais são freqüentemente postos em paralelo (Fig. 13). Pelo estudo das simbioses chegou-se à hipótese de poderem ser êsses grãos de clorofila, de tão assombrosa parecença com as algas verdes, descendentes de algas que, nos primórdios da história, se insinuaram como simbiontes (veja pág. 19 e segs.). Se assim foi, hoje já não se trata de relação de amizade; as algas antigas sã comparáveis às ovelhas que o homem encurralou e, de geração em geração continua a criar, vender, herdar e abater à vontade. Os grãos de clorofila são os animais domésticos da célula vegetal. Não são fixos; flutuam como as algas que vivem nos liquens, sempre à luz. De manhã, estão à janela do plasma que dá para leste; à tarde, assomam à janela do oeste, pela qual entram os derradeiros raios do sol da tarde. Há, na terra, duas grandes marés: a maré azul da água, que obedece à lua; e a maré verde da clorofila que, nas células vegetais, acompanha o sol.

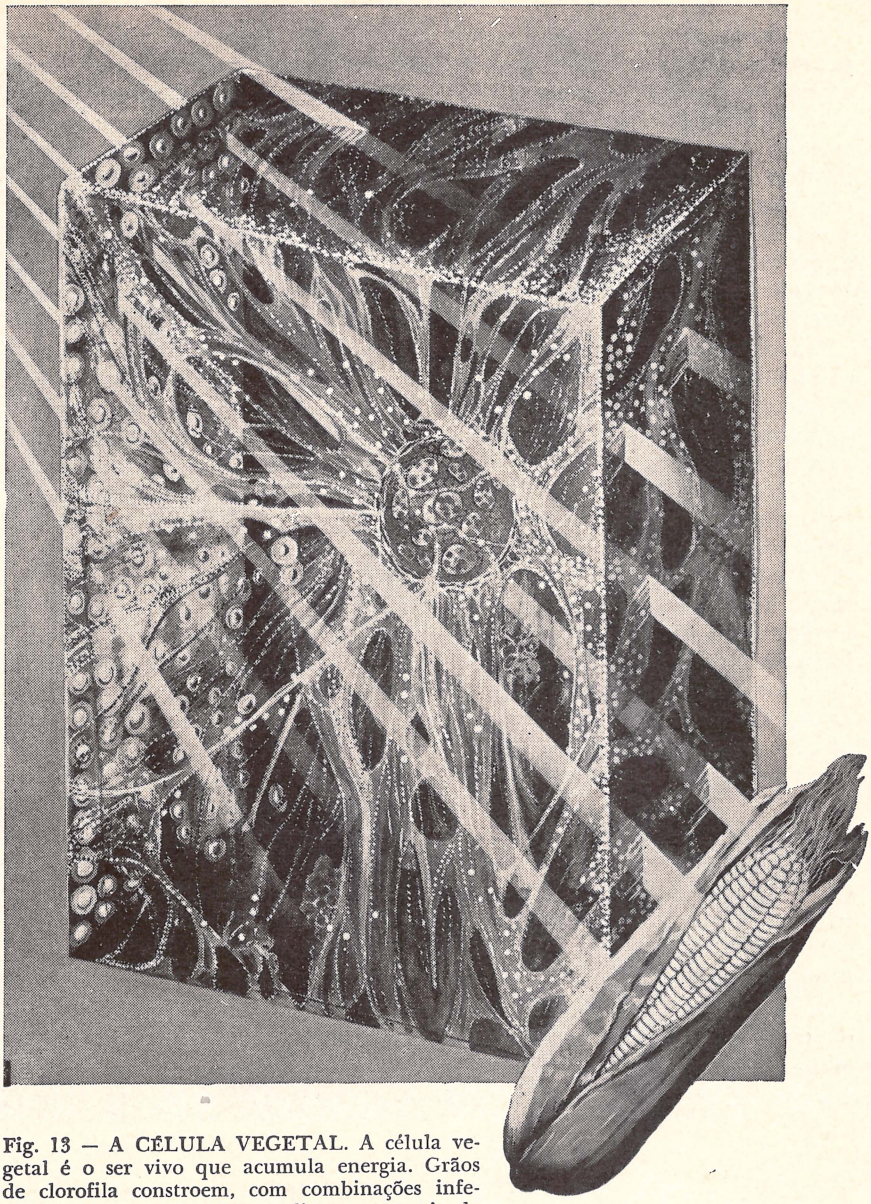


Fig. 13 — A CÉLULA VEGETAL. A célula vegetal é o ser vivo que acumula energia. Grãos de clorofila constroem, com combinações inferiores, amido e albumina mediante a energia da luz solar.

O amido fabricado pelos grãos de clorofila aparece em forma de pequenas placas brancas que, à semelhança da ágata, crescem pela adição de camadas sucessivas. Após um belo dia de sol, ao anoitecer elas enchem a célula vegetal como um depósito. Durante a noite, quando o trabalho se interrompe, as moléculas desagregam-se, decompõem-se em açúcar e êste passa, com a corrente do plasma, através dos poros da célula, aos vasos condutores, os quais o levam aos pontos onde a planta utiliza ou armazena o amido. Quando se diz: "A célula vegetal é um mecanismo que produz amido", não deixamos de exprimir uma verdade; mas essa verdade se aplica à célula vegetal, como se disséssemos: "O homem é um ser que padeja carvão".

Simultâneamente com os produtos inferiores do amido, a célula vegetal fabrica, mediante processos ainda pouco conhecidos e cujo descobrimento será a tarefa sedutora dos séculos vindouros, um número imprevisível de substâncias, dentre as quais basta mencionar algumas, para evidenciar a distância entre o dito "fábrica de amido", e o fato "célula vegetal". O núcleo da célula produz milhares de gens lançados em tôdas as direções e que fornecem às células em formação as partes vegetativas, as moléculas-órgãos, a fim de que possam aquelas converter-se em oficinas do mesmo gênero. Fabrica o material do lenho e da casca, da cortiça e do líber; produz a substância corante das flôres e os diferentes aromas, cada um dos quais representa determinadas combinações de várias centenas de moléculas diferentes, de modo que temos dum lado o perfume da rosa, da violeta, do jasmim e, do outro, o aroma da maçã, do morango, da laranja, ou a resina do pinheiro. O plasma da célula vegetal produz — para citarmos apenas alguns exemplos — os trinta diferentes elementos químicos do ópio, entre os quais se conta a morfina; a atropina da beladona; a digitalina da digital; o índigo e a canela; os mais de sessenta elementos distintos do grão de café, bem como os outros tantos do fumo, a combinação do látex; a matéria corante e aromática dos vinhos; a substância corante da madeira, da folhagem no outono, da casca dos frutos, desde o azul da ameixa ao marrom da castanha, ao vermelho vivo da sorva... tudo, produtos da geléia pardacenta e pouco vistosa a que chamamos plasma.

À célula vegetal defronta-se a célula animal, que trabalha utilizando o amido dos vegetais como agente propulsor, do mesmo modo que a máquina a vapor se alimenta de carvão (Fig. 14). O amido das plantas é o carvão branco do reino animal.

3) Vegetais unicelulares

Consideram-se as algas verdes — que nada mais são do que bolas de plasma, impregnadas duma clorofila verde-azulada — os vegetais autênticos mais antigos. Dois fatos atestam a antiguidade dessas algas, na história dos sêres primitivos; primeiro: elas têm a faculdade de fixar azôto; segundo: não produzem o amido do vegetal com o concurso da

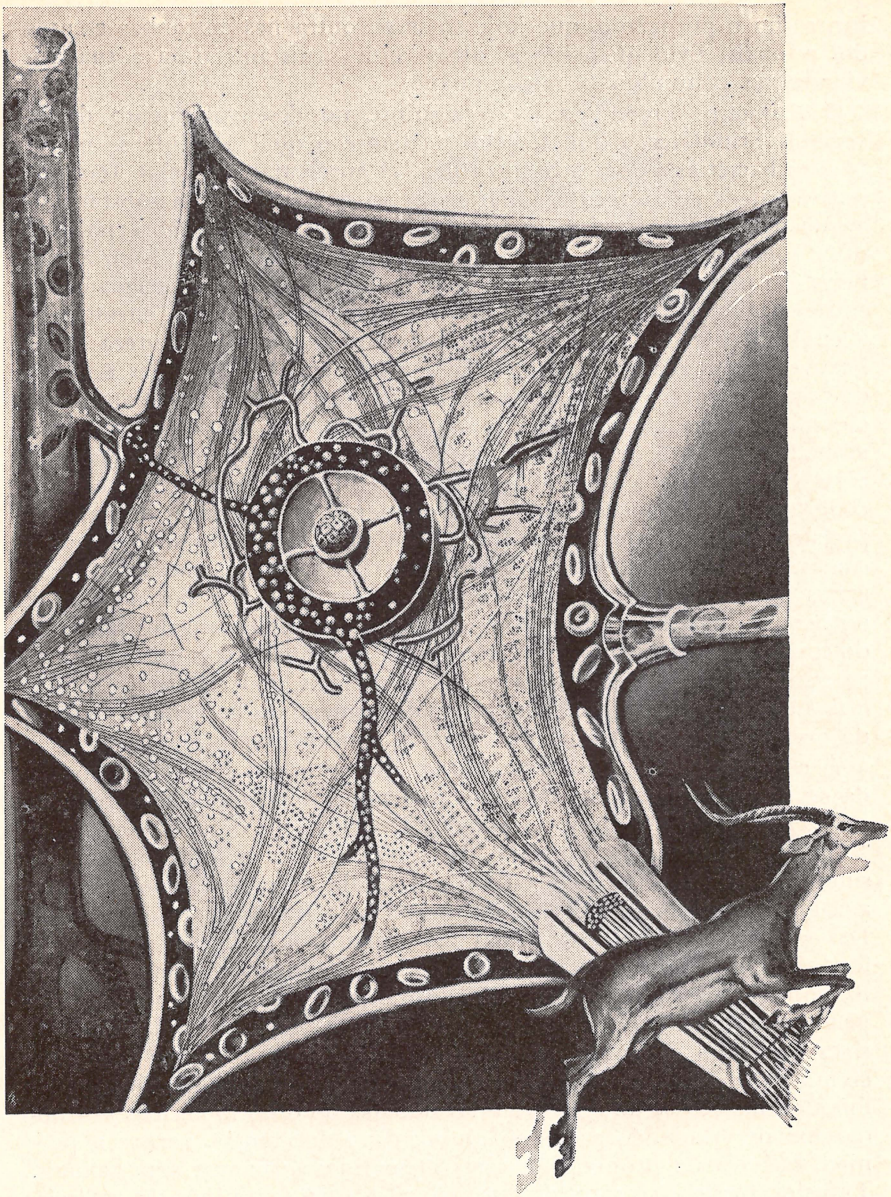


Fig. 14 — A CÉLULA ANIMAL. A célula animal é o ser vivo que consome energia. Sorve, com o sangue, amido e albumina e desagrega-os para combinações inferiores. A energia obtida o animal a transforma em movimento.

luz, e sim o glicogênio, que hoje só se encontra nas entranhas escuras dos animais. Evidentemente as algas verdes-azuis iniciaram a sua atividade, na penumbra do algonquiano.

O primeiro "órgão", o passo seguinte no desenvolvimento dêsses vegetais primitivos, é um flagelo, mediante o qual a célula se move. Muitas bactérias, como o bacilo tífico, já apresentam flagelos. Das primitivas algas globulares originaram-se, assim, outros sêres substancialmente mais desenvolvidos: os flagelados. Dos flagelados não é possível dizer com certeza se são vegetais ou animais, porque uns vivem à maneira das plantas, outros como animais e muitos oscilam alternadamente entre estas duas formas de vida. Em qualquer gôta de água, encontra-se a euglena (Fig. 15), conhecida de todos os amigos da natureza familiarizados com o microscópio. Criada à luz, enche-se de algas e deixa de comer, porque as algas que contém produzem amido. Num ambiente escuro, as algas interrompem o seu trabalho, e a euglena vai, como animal, à procura de alimento. Muitos flagelados contêm apenas uma alga. Operando-se a segmentação, uma célula conserva a alga e vive, como a mãe, à maneira de vegetal, enquanto a outra, sem algas, deve procurar alimento como animal. A tricomônada, ou "unicelular ciliado", com cílios, ou pêlos, é verde e vive nos lagos em tais massas, que as águas parecem verdes. Nas cavidades escuras do corpo dos animais e do homem, porém, vivem tricomônadas que se alimentam dos humores do corpo e, conseqüentemente, não geram substâncias corantes. A quem perguntar se os flagelados são vegetais ou animais, poderíamos redargüir: que é um centauro: cavalo com corpo de homem, ou homem com corpo de cavalo? A resposta que nos derem é a nossa resposta.

A mônada-vestida, *Chlamydo-Monas,* permitiu-nos lançar à química da sexualidade uma vista de olhos que talvez seja importante para os problemas sexuais do próprio homem. Um dos gens dessa mônada gera "carotina", substância amarela de cenoura. Outro transforma essa substância em crocina, que estimula a célula a gerar flagelos. Com o auxílio do flagelo, a célula até aí imóvel sai para a aventura amorosa. Das células dos flagelados, umas são masculinas, outras femininas — femininas, as células cujas moléculas contêm o grupo de atomos decisivo na posição-cis; masculinas, as células em que o mesmo grupo de átomos pende em posição reflexa, isto é, posição-trans. As cis-mônadas são passivas e aliciam as trans-mônadas. O aliciamento é tão forte que uma cis-molécula atrai trans-moléculas ainda que flutue entre 250 quatrilhões de moléculas de água. Células dotadas de duas moléculas são homossexuais. Mudando a posição dum grupo de átomos, gera-se a peonina, essência de peônia, e os sêres masculinos tornam-se supersexuais. Transformando a cis-carotina em rutina, os sêres femininos são estéreis. Mudando os animais da escuridão para a luz, ou pondo os da luz no escuro, ou mergulhando em água fria os animais habituados ao calor e vice-versa, altera-se a posição dos grupos de átomos de pouca adesão; pode-se assim mudar o sexo e dirigir o destino sexual. Já que também no homem mudanças insignificantes na posição de grupos de átomos

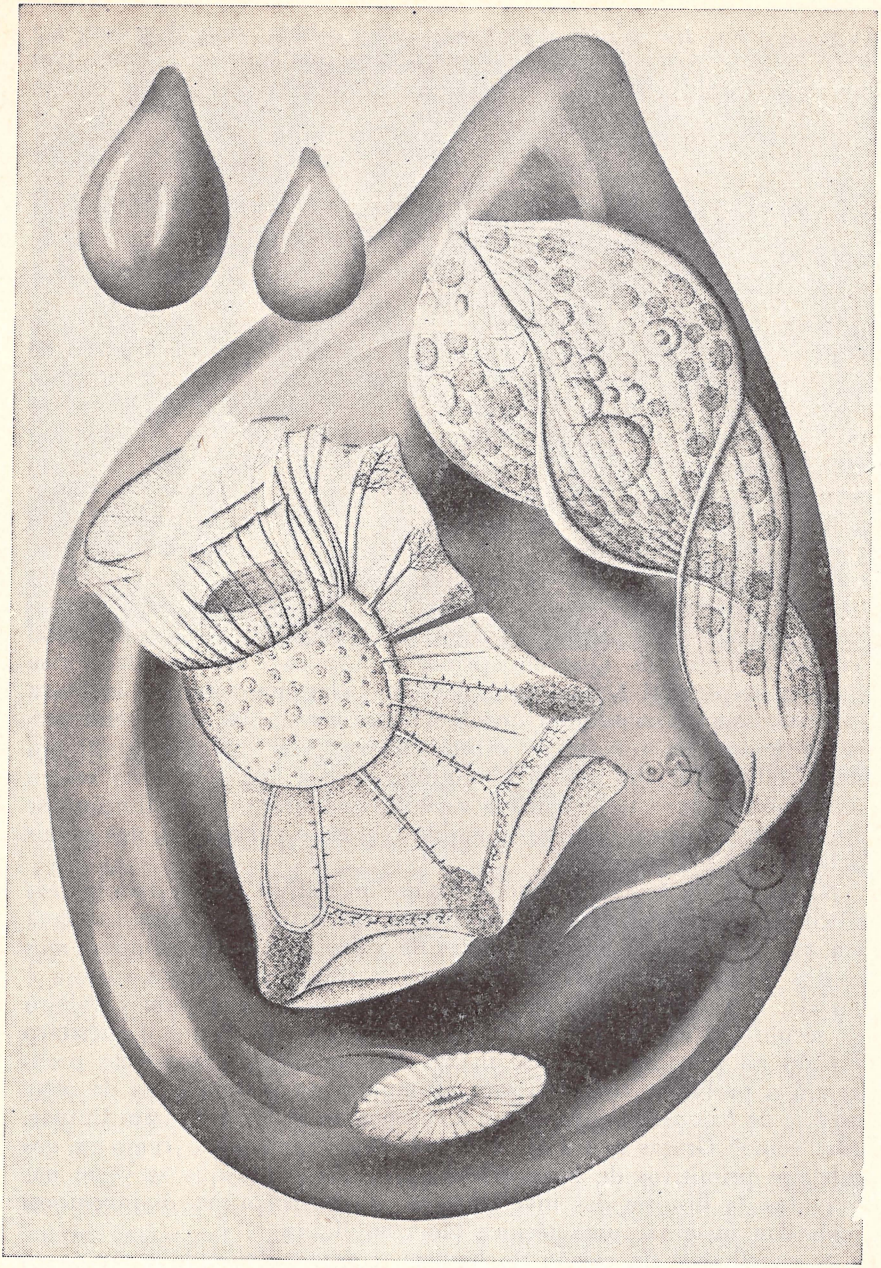


Fig. 15 — OS VEGETAIS PRIMITIVOS AINDA ERAM LOCOMÓVEIS. São aparelhos de flutuação movidos pela luz solar. Gôta de água muito ampliada e nela, à esquerda, uma célula turbinada. (Ornithocercus); à direita, uma alga helicoidal (Euglena).

fazem dos seus portadores sêres masculinos ou femininos, chegaremos a transpor êste artifício da mônada para o ser humano e mais uma vez prevemos com um misto de admiração e de tristeza o poder do homem de amanhã.

4) A profusão e a perfeição das primeiras criaturas já revelam a natureza como "artista" e requerem uma explicação dos conceitos "evolução" e "progresso"

Se examinarmos ao microscópio o mundo da gôta de água, distinguiremos com assombro a variedade e a estética das formas e a perfeição das estruturações técnicas. Tem-se a impressão de que, com o advento da clorofila, a evolução dos vegetais, quase estacionária desde muitos milhões de anos, recebeu um impulso deveras repentino. Deu-se no reino vegetal o que se observou na humanidade, após a invenção da máquina a vapor. Ao têrmo de milênios quase sem progresso, de súbito a "era da técnica", a velocidade vertiginosa do "século do vapor". Com a construção do "fotomotor" clorofila, começaram sùbitamente a aparecer os tipos. Já não é a uniformidade das bactérias e do bolor, mas brilham de improviso estrêlas e meias-luas, florões e arabescos; serpenteiam enguias; revoluteiam torpedos; giram turbinas; e que turbinas! Veja-se a figura 15. Que obra-prima de técnica e de estética é essa turbina de plasma! Ao seu lado, navega — elegante como um iate — a euglena, com os simbiontes que lhe fornecem amido. Como êles precisam de luz, ela concentrou substâncias sensíveis aos raios luminosos num "ôlho" que lhe mostra o caminho para a luz. E traz no centro uma "bomba-de-vácuo" chamada vacúolo, que, graças à sua função por assim dizer cardíaca, distribui o amido fabricado pelas algas, nos canais delgados do seu plasma.

Na figura 16, vemos os envoltórios de "primitivas" algas diatomáceas silicificadas, denominação que receberam, em virtude da couraça silicosa em que se abrigam. Nesses esquifes de vidro, dignos de princesas dos contos de fadas, as algas vivem como as ostras. A couraça silicosa é pesada, e a célula permanece encapsulada nela, como um cavaleiro do século XII na armadura. Nunca ocorreu a ninguém que o guerreiro metido na armadura pudesse nadar. Mas as algas diatomáceas resolveram o problema contraditório: acumulam no plasma gotas de óleo, espécie de *balonetes,* que erguem a couraça do fundo e a fazem flutuar. Mas como? Graças a um curioso mecanismo, antiquado como os dos modelos primitivos de locomotivas ou de aeronaves que se vêem nas gravuras da história das invenções. Só mesmo os primeiros inventores poderiam imaginar uma técnica tão complicada.

À semelhança do caixão do homem, constam de caixa e tampa os silicificados esquifes das algas que, por serem cortadas ao meio, receberam da ciência a denomição de diatomáceas. A tampa é "encaixada" como as das caixas de dominó, ou "atarraxada" como as dos nossos

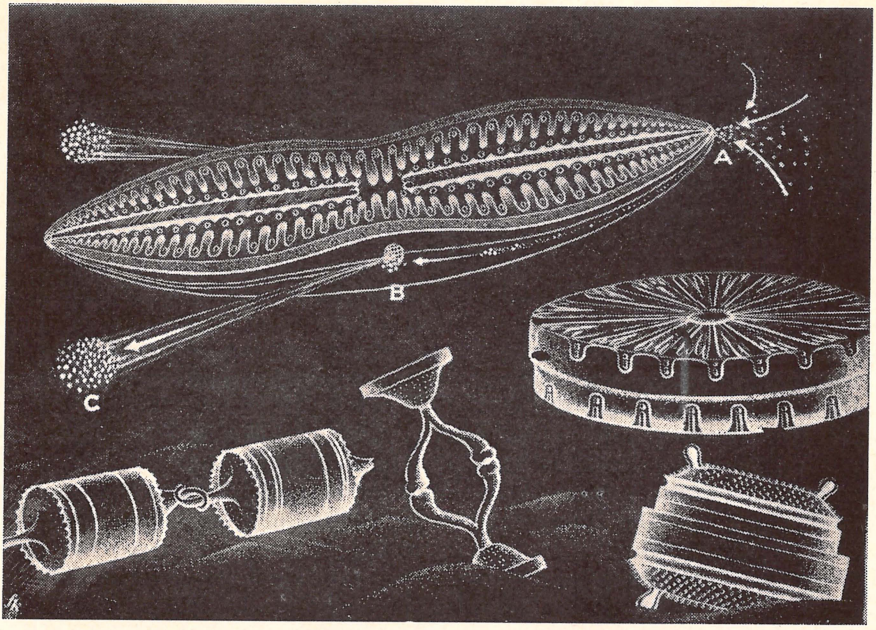


Fig. 16 — ALGAS DIATOMÁCEAS. As algas diatomáceas são unicelulares amebiformes que se envolvem numa couraça de vidro. Em baixo, formas primitivas extintas; em cima, uma diatomácea atual, cujo movimento se baseia no princípio do foguete; em A, ela aspira corpúsculos; acumula-os diante dum crivo, em B, e repele a carga (C). A repulsão a impele para diante.

vidros de conservas. A primeira patente de invenção da tampa atarraxada possìvelmente foi concedida à diatomácea, há setecentos milhões de anos... Entre a caixa e a tampa, o casco, digamos, apresenta um entalhe, ao longo do qual a célula faz deslizar uma tira mucosa (de A a B), uma correia-motriz, a primeira correia da técnica terrestre; segunda patente de invenção, há setecentos milhões dc anos. Essa correia arrasta corpúsculos da água, mas em B recolhe-se, sem os levar consigo, porque aí existe um crivo que os detém. Terceira patente: o fecho de crivo. A "varredura" acumula-se, mas, atingindo uma determinada quantidade, desprende-se, desliza para C e ali imprime à parede do casco um movimento de recuo que o impele a pequena distância: a primeira propulsão a foguete; patente n.º 4...

Encontramos, pois, na era mais primitiva da técnica plasmática, um submarino de duas seções atarraxadas impermeàvelmente, duma solidez inatacável, embora permeável à luz, mantido em flutuação por meio de óleo, cercado duma faixa de substância gelatinosa e movido pela fôrça de repulsão. Para que o minúsculo navio não vire é ainda envolvido por uma orla de gelatina, que o mantém em equilíbrio, como um flutuador de canoa. O submarino diatomácea é uma solução,

se não tècnicamente elegante, em caso algum "primitiva", mas pelo contrário hiperelaborada. Incontestàvelmente, no que concerne à beleza, essa nau de vidro não foi ultrapassada por nenhum modêlo ulterior, inclusive as suntuosas fragatas espanholas; ainda hoje, constitui um exemplo de beleza clássica. A diatomácea é, mais e mais, padrão preferido para tapêtes e tecidos.

Aprendemos: há, sem dúvida, uma "história da evolução da vida" pois a vida se iniciou com os semiviventes mais simples e nos levou até ao homem. Mas: a "história da evolução da vida" não é a ascensão metódica de inferior a superior nem a passagem do simples ao complexo. A "história da evolução", no sentido de progresso constante, é produto do cérebro humano e, mais pròpriamente, da mentalidade dos que assistiram ao desenvolvimento da técnica no século XIX, ao mesmo tempo que Darwin lhes apontava a evolução dos sêres, e que viam na história da evolução da natureza o equivalente da sua técnica. *Êles* eram construtores de máquinas cada vez mais aperfeiçoadas; logo, a natureza também devia ser uma produtora de mecanismos de plasma, construídos um depois do outro, primeiro os simples e menos valiosos: bacilos, amebas, algas; depois cada vez melhores: vermes, peixes, aves, quadrúpedes; e, finalmente, o homem bípede, ereto soberbamente no vértice da pirâmide, a olhar do alto os demais sêres seus "antecessores" — uma teoria que logo conquistou a aprovação geral, porque lisonjeava as presunções, era simples e, conseqüentemente, acessível até às inteligências medíocres... Com efeito:

O que se chama espírito do tempo
É, no fundo, o que predomina no nosso próprio espírito.

Como se desenrolou, na realidade, a história dos sêres? De maneira muito simples, exatamente como a história da humanidade; só pode ser assim, pois a história do homem é uma parte e a continuação dessa história universal da vida. Também na civilização humana existe o que chamamos progresso. A humanidade de 1950 encontra-se, apesar de tudo, num nível "superior" ao da humanidade de há 2.000 anos, ou mesmo de 100 anos atrás, quando nas plantações da América se obrigavam os negros, a chicotadas, a trabalhar até à exaustão; e — nisto está o progresso — como coisa muito natural. Na Europa, o trabalhador mourejava então, sem descanso dominical, de 12 a 14 horas por dia, sem ganhar o suficiente para comprar uma camisa branca; a mulher e os filhos tinham de ajudá-lo com "indústrias caseiras". Pelo ano de 1850, não era possível viajar no Mediterrâneo, sem correr o risco de cair nas mãos de piratas, que só restituíam a liberdade mediante resgates vultosos. Nas Índias, morriam anualmente de peste e de varíola cinco milhões de indivíduos. Na China, todo terceiro filho finava-se de fome; e, como se costuma fazer aos gatinhos, afogavam-se as meninas recém-nascidas; em 1900 ainda havia letreiros assim: "Aqui é proibido afogar meninas". O progresso é positivo; mas, infelizmente, não é — como o demonstrou lùgubremente a história moderna — uma

ascensão do inferior ao superior, no sentido de que tôda época ulterior possa dizer que se elevou, em relação à sua antecessora. A história de todos os sêres, vegetais, animais e humanos, mostra-nos uma floração de "civilizações" isoladas, independentes umas das outras. Aí temos o Egito, ao lado da Babilônia; Creta, junto de ambos. Na América Central, desenvolveu-se a civilização dos maias a par da dos astecas e, mais ao sul, da dos incas. Na Ásia, floresceram simultâneamente as civilizações da Oceânia; e, no continente, as da China, da Birmânia, da Malásia, da Coréia, da Índia, do Tibet. Ao apogeu seguiu-se a decadência; enquanto aqui declinava uma civilização, acolá desabrochava outra, como as flôres no prado. O mesmo quadro de "sucessões" se nos depara na história nacional dum país. Pelo ano 1.000 a. C., viviam na Grécia os acaianos que nos descreve Homero. Ulisses, Édipo, Ifigênia, Antígona são os seus grandes vultos, o grau máximo que a espécie humana atingiu, na produção de personalidades. Depois, êsse povo desapareceu da face da civilização, como se nunca houvesse existido. Quinhentos anos mais tarde, floresceu no mesmo solo a civilização helênica: Platão, Péricles, Fídias, Aristóteles, uma nova série de homens doutra espécie. O mesmo ocorreu na Itália onde, no tempo da imigração dos romanos, viviam os etruscos. A sua civilização, incomparàvelmente superior à atingida pelos romanos, extinguiu-se; nos belos túmulos clássicos dêsse povo feliz, sentaram-se os austeros lictores a fazer justiça, os áugures sabidos interrogavam as vísceras dos animais (a carne era para êles) e Cícero, o advogado, pronunciou os seus patéticos discursos, nosso suplício na escola, porque a literatura dêles não deu nada melhor. Nenhum indício de progresso; sempre e apenas uma coisa diferente. O melhor exemplo de como se passa a evolução na terra está na Bíblia. Incluem-se nela os acontecimentos e as produções literárias de mais de dois milênios, compilados sem muitos retoques deformantes. A Bíblia não "melhora", em absoluto, à medida que nos adiantamos nela. O Gênesis vale tanto como, dez séculos depois, o Livro dos Juízes ou o Livro de Rute. Os homens também não evoluem para tipos superiores. Abraão, foi um simples pastor; quando levou o filho para o sacrifício no monte Moriah, era êste uma elevação agreste onde um carneiro se enredara num sarçal. Mil anos depois, havia ali um templo magnífico onde o rei Salomão oferecia em holocausto mil novilhos. Mas a narração singela do sacrifício de Isac e do carneiro prêso no silvado é, sem dúvida, mais bela do que os três capítulos da descrição do templo, com as suas portas de cedro e os seus candelabros de ouro. E o sacrifício, a que se preparava um pai, empolga incomparàvelmente mais do que a cerimônia grandiosa, na qual se imolavam mil novilhos, porque o sumo sacerdote não se arriscava a mais do que macular o peitilho de sêda. Vale isto para tôdas as demais civilizações e literaturas. Os começos podem ser mais simples; não são piores. Não apareceu poeta maior do que o primeiro poeta da Europa: Homero; nem dramaturgo que haja escrito tragédias superiores às de Sófocles. Em Édipo acontecem menos coisas do que em Henrique VI; nem por isto o

drama é pior. No princípio, os escritores, como os organismos, são simples; escrevem com mais simplicidade, sem escrever pior. Não existem na literatura alemã narrativas melhores do que os contos de Grimm; e, no século XX, não se publicaram poesias mais primorosas do que as da época dos trovadores. O próprio artista, individualmente, não faz no curso da vida nenhum progresso. Aos sessenta e três anos, nas poesias de "Divan", Goethe não nos dá nada melhor do que em "Prometeu" ou "Herbstgefühl", de trinta anos antes. Na civilização, como na arte, não há "evoluções"; apenas "transformações" típicas. A sabedoria da velhice é um modo de pensar diferente de "Sturm und Drang"; não é superior.

Estas regras aplicam-se também à natureza. Como as obras de arte do homem, as criações da natureza tornam-se mais complexas e não mais perfeitas. No devoniano, a natureza terrestre elaborou os primeiros espécimes de peixes. Não produzia então caudas de pavão nem lírios; entretanto as algas diatomáceas e coralinas são tão perfeitas como o Partenão ou o busto de Nofrit. Depois que Lamarck, Darwin, Heckel nos desvendaram o mecanismo da evolução, viria um Spengler apresentar-nos a sua Biologia como uma seqüência de épocas isoladas, autônomas como um "curriculum vitae", uma carreira individual.

5) O belo na natureza

Vejamos a figura 17. Não foi feita intencionalmente. É o resultado dos cálculos dum matemático, ao desenhar os movimentos que um corpo pode executar, entrando no raio de ação de dois corpos maiores que giram um em tôrno do outro, isto é: um diagrama do problema dos três corpos. Apesar disso, essas curvas têm caráter estético. Encontram-se nelas grupos inteiros de motivos artísticos, formas de estilo gótico e românico, volutas e ânforas, arabescos, florões, trevos, cálices e corolas, esferas e ovais e as curvas dos nossos algarismos originários da Índia. Assim nasce o belo na natureza. Casualmente. O belo aparece em obediência a leis. A disposição das coisas numa ordem regular faz que nos sintamos satisfeitos. A natureza produz sem contar, caòticamente; só fica, porém, o que obedece às leis. O belo subsiste, e o que subsiste é belo. O átomo é belo, porque existe. Os cristais de neve são belos, porque as moléculas móveis da água tomaram nêles, em estado de repouso, distâncias e posições regulares. O sistema solar é belo, porque nêle reina a harmonia. Sem harmonia, não existe sistema solar. Não existem sistemas solares defeituosos. Naturalmente, o universo como um todo também é belo; por isso os gregos o chamaram "cosmos", a ordem bem ornamentada. Se o mundo não fôsse o cosmos, nós não estaríamos aqui para o admirar; o caos não tem adoradores. Leonardo e Dürer estudaram o cânone da figura humana e descobriram que nós consideramos belos os corpos a que se aplicam certas leis, como as pro-

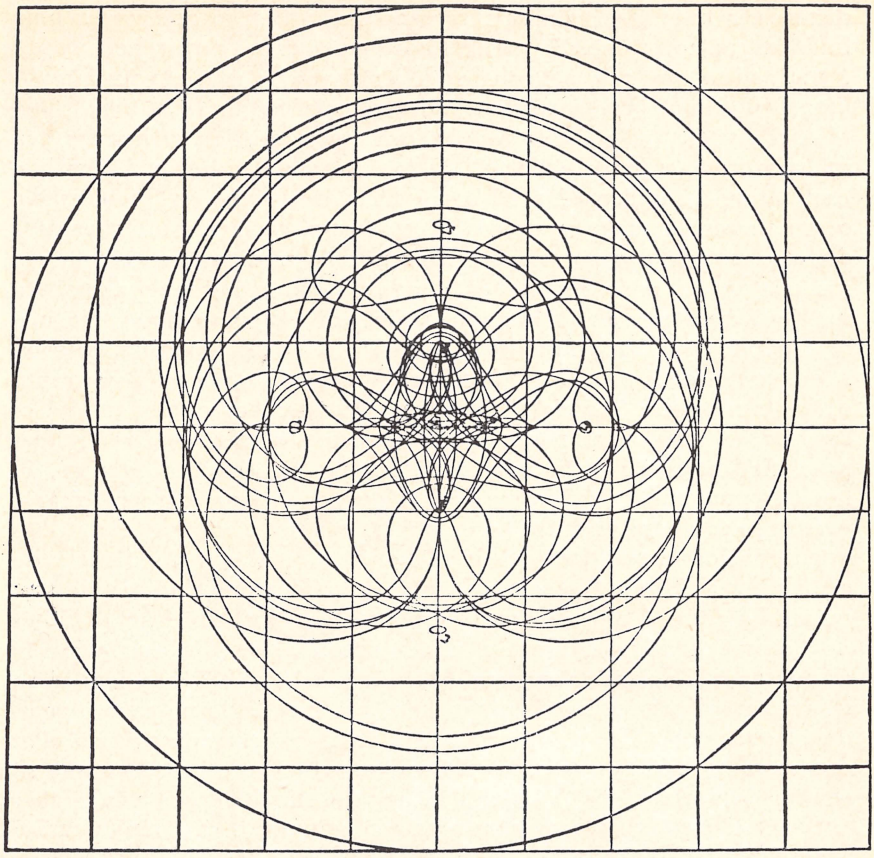


Fig. 17 — COMO NASCE O BELO NA NATUREZA. Uma parte dos possíveis movimentos periódicos dum corpo pequeno, no campo de fôrça de duas massas maiores de tamanho igual que descrevem uma órbita em tôrno do seu centro de gravidade comum. (Segundo E. Strömgren).

porções da seção áurea. Tais regras vigoram evidentemente para todos os organismos. As diatomáceas, as àrvorezinhas microscópicas do bolor, a concha do caracol, o corpo dos peixes, a plumagem das aves, o pêlo do tigre são belos, porque nêles se objetivam certas leis. Encanta-nos a beleza dos "animais-flores", porque os pólipos se agrupam como campânulas, ou esferas, a distâncias regulares, em tôrno dum centro, como as lâmpadas num lustre. Para o mundo orgânico também, soará a hora em que, tal como na física e na astronomia, procuraremos na natureza a confirmação do que o cálculo exige no papel.

Os homens do século passado consideravam a natureza uma técnica, o que ela não é absolutamente. Se havemos de fazer uma comparação,

digamos: a natureza é uma artista. Não é um técnico que visa a uma finalidade, à construção de mecanismos tanto quanto possível eficientes; é um artista que cria pelo mero prazer de criar: a arte pela arte. A natureza compõe como Mozart, porque nela há música. Cria como Miguel Ângelo, pois tem como êle o impulso criador; o homem é a sua criatura e, entre os homens, o artista é o que mais se lhe assemelha. A natureza é problemática tal como êle, porque resolver problemas é o seu prazer. À maneira de todos os artistas, começa muitas coisas e deixa a metade por terminar. Enamora-se de algumas obras, coloca a sua criatura no meio do "atelier" e adora-a como Endimião adorava a sua Galatéia... por algum tempo. Assim, em tempos remotos, ela não se cansava de criar graptólitos, animais cretáceos, amonites, sáurios. Logo, como todos os artistas, farta dessa "escola", atirou-os a um canto e êles tornaram-se "fósseis". Nunca se pergunte: Por quê? Por que os homens se vestem de trapos coloridos? Por que os negros enfiam argolas no nariz, ou batoques nos lábios? Por que, na época do rococó, os homens punham na cabeça cabeleiras que os faziam suar em bicas e parecer-se uns com os outros? Por que as mulheres usavam espartilhos que nem lhes permitiam respirar? Por que, mal a mãe desistia do espartilho, a filha pôs à cintura uma crinolina que a inibia de sentar-se? Por que o cervo carrega as pontas que lhe estorvam os saltos na floresta, embora saltar seja a sua natureza? E por que o pavão arrasta após si a cauda como um véu de noiva? Por que o chinês pinta no guarda sol paisagens que ninguém vê, pois, apoiado no chão o guarda-sol está fechado e, aberto, mostra a paisagem ao espaço vazio? Por que êsses cachimbos em que não se pode fumar, essas taças que só servem para estar em "étagères" e, por morte do dono, vão acabar em mãos do antiquário, já que ninguém as quer, e com muita razão? Por que se renovam contìnuamente os padrões dos tapêtes que ninguém olha, por que novos desenhos de gravatas? Por que dezenas de marcas de cigarros, quando se provou tantas vêzes que poucos fumantes são capazes de distinguí-las uma da outra, se trocarmos os maços? Absurdo? Não. É a vida. A vida adora o deleite de criar, o gôsto da variedade, a satisfação de realizar; e tem um prazer diabólico em iludir e ser iludida.

Assim rolo do desejo ao gôzo
E anseio, no prazer, pelo desejo.

E por que são assim os homens? Por que é assim a natureza, nossa mãe; e, se a ela perguntássemos: "Por que és assim," o Espírito Universal romperia numa gargalhada sarcástica: "Por que êsse miserável por quê? Eu espalho sóis como o orvalho na madrugada, atiro mundos como gotas ao vento, — porque sou eterno, inexaurível, o artista dos artistas, o criador de tôda a criação". Deita a mão ao mar e extrai um peixe irisado de tôdas as côres, ri-se do animal que se debate

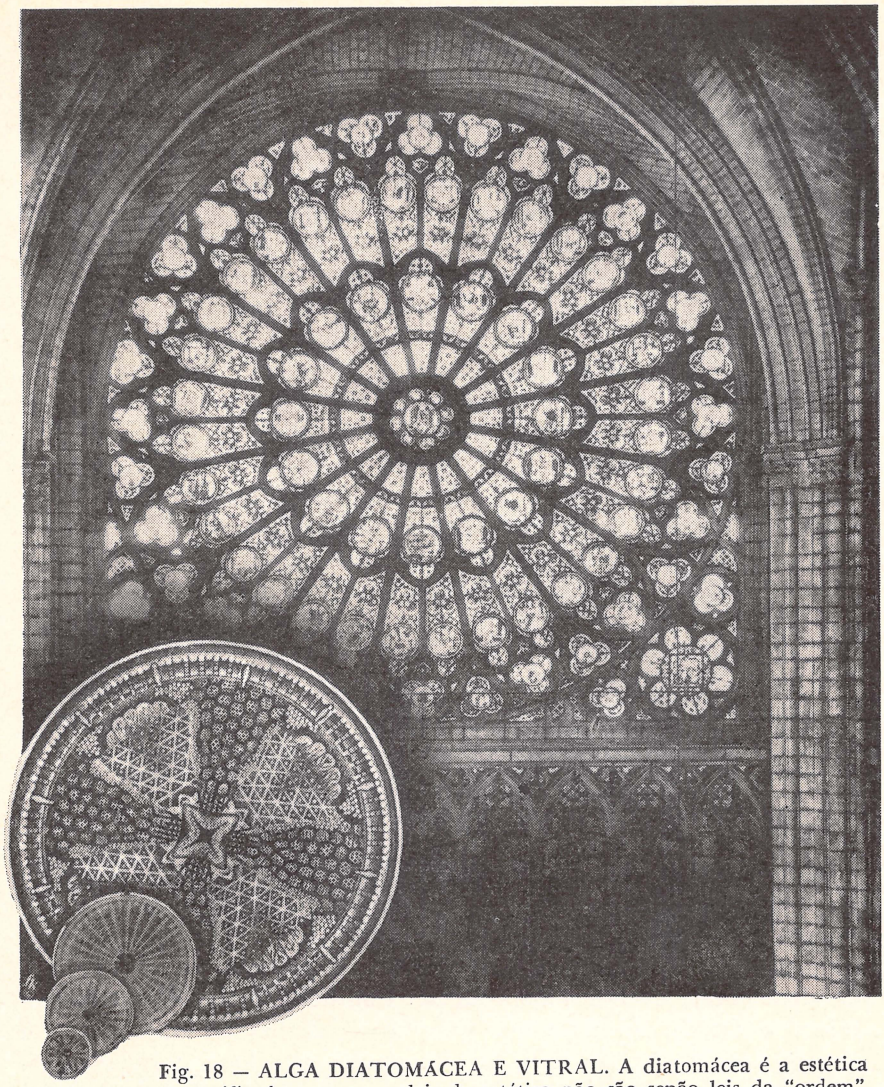


Fig. 18 — ALGA DIATOMÁCEA E VITRAL. A diatomácea é a estética corporificada, porque as leis da estética não são senão leis da "ordem". Portanto, uma diatomácea ampliada pode servir, sem alterações, de modêlo para um vitral.

e atira-o de novo às águas. Estende um braço sôbre um prado, apanha um punhado de flôres, arremessa as pétalas ao ar e segue-lhes com o olhar o leve adejo; depois, abre a mão e ela não está vazia. Uma coleção completa de insetos fervilhando: abelhas, vespas, besouros, môscas, mosquitos, traças; e, enquanto êles se dispersam, o Espírito Universal moteja: "Mosquitos, traças... e perguntas por quê? Escuta;

é melhor". Escutamos e ouvimos o gorjear dos pássaros canoros, tentilhões e abelharucos; o pica-pau pica e o cuco, mau filho da sua espécie, transgressor de todos os costumes, grita: por quê? O Espírito ri-se; pousa a mão no solo e põe-nos diante do nariz uma migalha. A princípio não vemos nada, mas entre seus dedos cresce alguma coisa, já agora do tamanho de uma moeda, e reconhecemos uma diatomácea. Ela continua a crescer... Diante de nós avulta, engastado em muros avermelhados, o vitral duma catedral (Fig. 18), donde a música vem ao nosso encontro. Não é música de Bach? Há pouco, as vozes de pássaros; agora, a música dos homens... De repente, é como se o raio luminoso varasse o vitral diatomáceo que não é nenhuma alga. Não há nada de diferente no que estamos presenciando: átomo e sistema solar, peixe irisado e inseto, diatomácea e vitral, o canto dos pássaros na floresta e a música dos homens na catedral... E tudo uma e a mesma coisa, o todo uno: a Natureza. Tudo, num todo. A verdade "Tat twam asi" dos hindus: "Olha, tu também és isso". E, se ao uno se pergunta "por quê", há de se perguntar ao todo: "Por quê?" E juramos que, em presença de uma criação da natureza, ou da vida humana, jamais tornaremos a fazer a tôla pergunta: "Por quê?"

6) Graças à divisão do trabalho das células coabitantes, origina-se o primeiro "organismo"; e, com a divisão do trabalho, aparece na natureza terrestre a morte

É opinião generalizada, mas errônea, que o ser unicelular seja mais simples que o pluricelular. O unicelular não é o primeiro degrau para o pluricelular; é uma forma de vida autônoma, a vida como indivíduo. Outro modo de vida é a tribo. Uma tribo em que a célula isolada conserva a sua individualidade chama-se colônia. A figura 19 *a* demonstra como esta se desenvolve. A célula de uma colônia está em condição de abandoná-la e viver independente. Contudo, se as colônias instaurarem a divisão do trabalho, em que as células se especializem e passem a depender do trabalho das outras, a colônia torna-se organismo. Os organismos já aparecem entre os flagelados. Células simples de flagelos agrupam-se em esfera ôca, impelida pelo movimento dos flagelos voltados para fora (Fig. 19 *b*). As células dessa esfera, embora òpticamente não se note nelas nenhuma diferença, já não são iguais. As de uma metade, com as suas energias vitais, estão voltadas para fora; são sensíveis à luz, à alimentação, aos aromas sexuais e apontam o caminho à esfera. As células da outra metade são empregadas na primeira missão especial que aparece na história dos sêres vivos: a reprodução. Produzem células sexuais, células grandes que mantêm

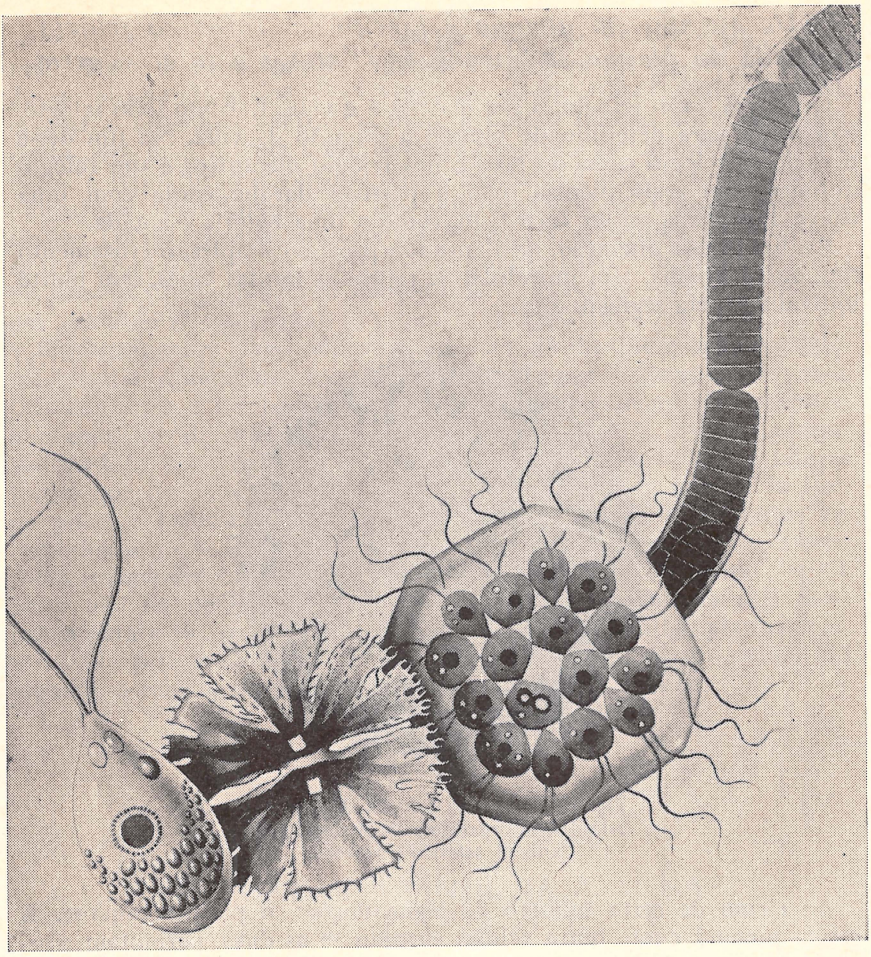


Fig. 19a — DE CÉLULA INDIVIDUAL A COLÔNIA. Uma colônia é um agrupamento onde o indivíduo conserva a sua independência.

forma esférica e se denominam óvulos; e células pequenas semelhantes a flechas, no aspecto e no movimento: as células seminais. Essas são móveis, emigram e, conduzidas por substâncias atrativas, vão fecundar os óvulos doutra colônia. Os óvulos fecundados desenvolvem-se, no interior da esfera, em novas esferas. Como saem estas da esfera-mãe? A esfera-mãe se desagrega, morre — o primeiro cadáver da história. Com a introdução da divisão do trabalho e a formação do primeiro organismo, em que a célula individual não poderia viver sem o auxílio das outras, a morte aparece como fim natural do indivíduo. A morte faz parte das funções da divisão do trabalho.

7) De quando em quando é preciso dar corda ao relógio da vida do plasma, induzindo as criaturas a se acasalarem

O plasma é um relógio; a sua marcha é a vida. E, como todo relógio, tem corda para determinado tempo: a duração da vida. No fim dêsse período, o relógio cansa-se. Não é um relógio mecânico; é um relógio químico. Em conseqüência, não é possível dar-lhe corda com uma chave, mas faz-se mister carregá-lo, como a uma bateria esgotada.

Realiza-se essa operação, mediante um processo simples, o cruzamento com outro plasma. Um unicelular se reproduz muitas vêzes, sem morte individual, pela segmentação.

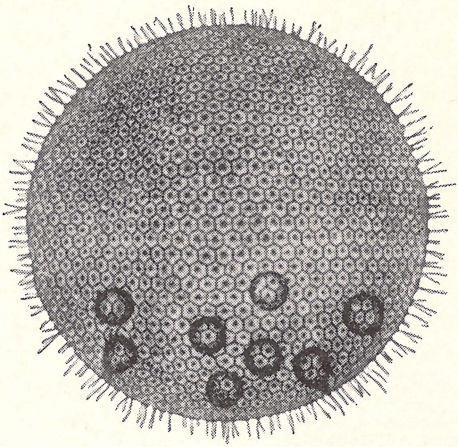


Fig. 19b — DE COLÔNIA A ORGANISMO. O organismo mais simples, o "animal esférico", volvoce.

Ao têrmo de certo número de segmentações, o plasma cansa-se. A célula procura então outra célula; agregam-se as duas, permutam plasma, ou partes dos seus núcleos, ácidos nucléicos, gens; e separam-se, "regeneradas", porque voltam a ser capazes de formar novas gerações (veja Fig. 1). "E, como ia ficando velho e alquebrado, o rei Devi já não conseguia aquecer-se, embora o cobrissem de roupas. Falaram-lhe então os seus servos: "Permite, senhor, que venha a ti uma rapariga, uma virgem que esteja perante o rei, para o acalentar e dormir nos seus braços, e aquecer o meu rei ..."E ela era uma rapariga formosa, e acalentava e servia o rei. Mas o rei não se aquecia."

A idéia não era errada; o corpo humano, porém, é demasiado grande, especializado em grau muito alto; as carícias platônicas e as exalações duma criatura jovem não tinham, naturalmente, a fôrça necessária para fazer dum rei alquebrado um herói rejuvenescido. Abisag de Sunan deveria ter-se dissolvido realmente no plasma do rei; mas os organismos só podem confundir o seu plasma enquanto são unicelu-

lares. É assim todo organismo, no primeiro dia da sua existência; e, nesse dia, a criatura confunde-se com outra criatura, no ato da fecundação. Mesclando-se dois sêres humanos, como óvulo e célula seminal, origina-se um novo homem, o filho, e nêle o relógio do plasma terá corda para mais oitenta anos. O intuito original de acasalar dois sêres não é a reprodução e sim êsse rejuvenescimento. Numerosos vegetais e animais se reproduzem, sem essa união, mediante brotos, rebentos, botões. Quase todos os animais inferiores, até os pólipos e os vermes, se reproduzem sem a "fecundação", enquanto bastam as energias vitais do plasma. Chega, porém, o dia em que o plasma se esgota e é preciso dar corda ao relógio; então as criaturas se acasalam.

Històricamente, a reprodução é mais antiga do que o acasalamento. Na história, o amor não foi criado para assegurar a descendência; mas, pelo contrário, a incapacidade de gerar permanentemente descendentes, a necessidade de misturar plasmas criou o amor. A influência rejuvenescedora do cruzamento manifesta-se na vitalidade das criaturas jovens que daí nascem e, como o potro e os cãezinhos, não se cansam de pular e brincar. Se, de manhã, teu filho te acorda cantando na caminha, se passa o dia em correrias de peça em peça e, como costumas dizer, exagerando, "não fica quieto um instante, na cadeira", se "à noite não há meio de deitá-lo", sabes porque; e, embora seja dura prova para a tua paciência, serás tolerante. É o *teu* antigo plasma rejuvenescido pelo acasalamento; e, na criança, rumoreja e zune, como um joguête, o relógio da vida a que o cruzamento deu corda.

Capítulo III

O VEGETAL ABANDONA A ÁGUA

1) A simbiose dos cogumelos filamentosos coletores de água e das algas produtoras de amido possibilita a subida do vegetal à terra firme, sob forma de liquens

Todos os princípios estão envoltos em trevas. Ignoramos, naturalmente, como se realizou a conquista da terra pelo vegetal. Em todo caso, do mesmo modo que, mais tarde, a conquista da terra pelos animais, não foi um fato dramático, um "acontecimento". Quando os recifes emergiram lentamente, algas e cogumelos filamentosos talvez tenham permanecido muito tempo pendurados em rochas úmidas e escalvadas; e essa simbiose, que não visava absolutamente à conquista da terra, deu ao par de vegetais coabitantes a possibilidade de subsistir fora da água (Fig. 20). A alga necessita de água (1), estiola-se em terra enxuta (3). Ao cogumelo basta o ar úmido; porque, graças às suas

Fig. 20 — A CONQUISTA DA TERRA PELOS LIQUENS. As algas só podem viver na água (1), secam em terra (3). Os cogumelos (2) podem viver em terra, mas precisam de alimento (4). Graças à combinação de ambos no líquen (5), os vegetais puderam conquistar a terra. As algas obtêm dos cogumelos água (vejam-se as flechas) e os cogumelos conseguem das algas a substância nutritiva.

pontas aguçadas, é um coletor de gotas (2). Necessita, porém, dum terreno que lhe dê amido (4). O cogumelo fornece água; a alga, amido; e assim, mediante a simbiose, ambos subsistem em terra firme. Essa alga-cogumelo recebeu o nome de "líquen" (5). Os liquens são simbioses de cogumelos filamentosos isentos de clorofila, e algas com clorofila. Têm uma série de propriedades que os tornam apropriados para pioneiros da terra firme. Vegetal algum se lhes compara, na aptidão para se arraigar. Com o auxílio dos seus ácidos, cuja coloração lhe permite assumir todos os tons, o líquen cresce mesmo nas pedras nuas. Contenta-se com um mínimo de luz. Uma chuvinha dá-lhe o necessário para um ano. Mas, ainda que as chuvas se façam esperar cinco anos e o líquen esteja aparentemente reduzido a pó, umedecendo-se volta logo a si. Como filhos de épocas muito antigas, de longa duração, os liquens crescem lentamente e as suas colônias chegam a ser centenárias. Foram provàvelmente, por muito tempo, os únicos habitantes da terra firme. O planêta era então uma bôlha de água donde emergiam rochas carcomidas pelos liquens, como uma epiderme enferma, pelas escamas dum eczema.

Leonardo da Vinci escreveu, no seu diário, que um muro coberto de liquens reproduz, para a imaginação, tôdas as figuras e tôdas as fisionomias imagináveis. Pode assim cada um de nós sonhar à vontade, contemplando uma parede revestida dêles. Mas — e isto constitui o progresso de quatro séculos — nós temos a sorte de poder contemplar mais coisas do que Leonardo. A nossa visão espiritual enxerga o que a vista material não percebe: as algas e os cogumelos filamentosos invisíveis; como êstes captam moléculas de água da atmosfera; como aquelas produzem amido, com água e ácido carbônico. E a nossa memória, remontando ao passado, considera a camada aderente à parede semelhante a azinhavre e ferrugem, com o respeito histórico devido ao primeiro ser vivo que fugiu do mar primitivo.

2) Os banhados enchem-se de anfíbios do reino vegetal: fetos, musgos, cavalinhas

Nem tôdas as criaturas das eras primitivas se conservaram microscópicas. Já entre as primeiras algas, muitas se uniram nas maiores aglomerações possíveis do reino vegetal: os sargaços. Podiam aglomerar-se, porque a água os carrega, anulando-lhes o pêso e protegendo-os contra a sêca, e porque todo segmento pode alimentar-se independentemente. Consta que na costa da Califórnia existem sargaços até com quatrocentos metros de comprimento. Enquanto os liquens conquistaram penosamente a terra firme, trecho por trecho, lá fora medravam mares de sargaços, as primeiras florestas da história.

O sargaço é, dos sêres maiores, o de constituição mais simples. Consta essencialmente dum enrêdo de células filiformes, semelhantes aos cogumelos filamentosos (Fig. 21, no alto, à esquerda). Desenvolve ùnica-

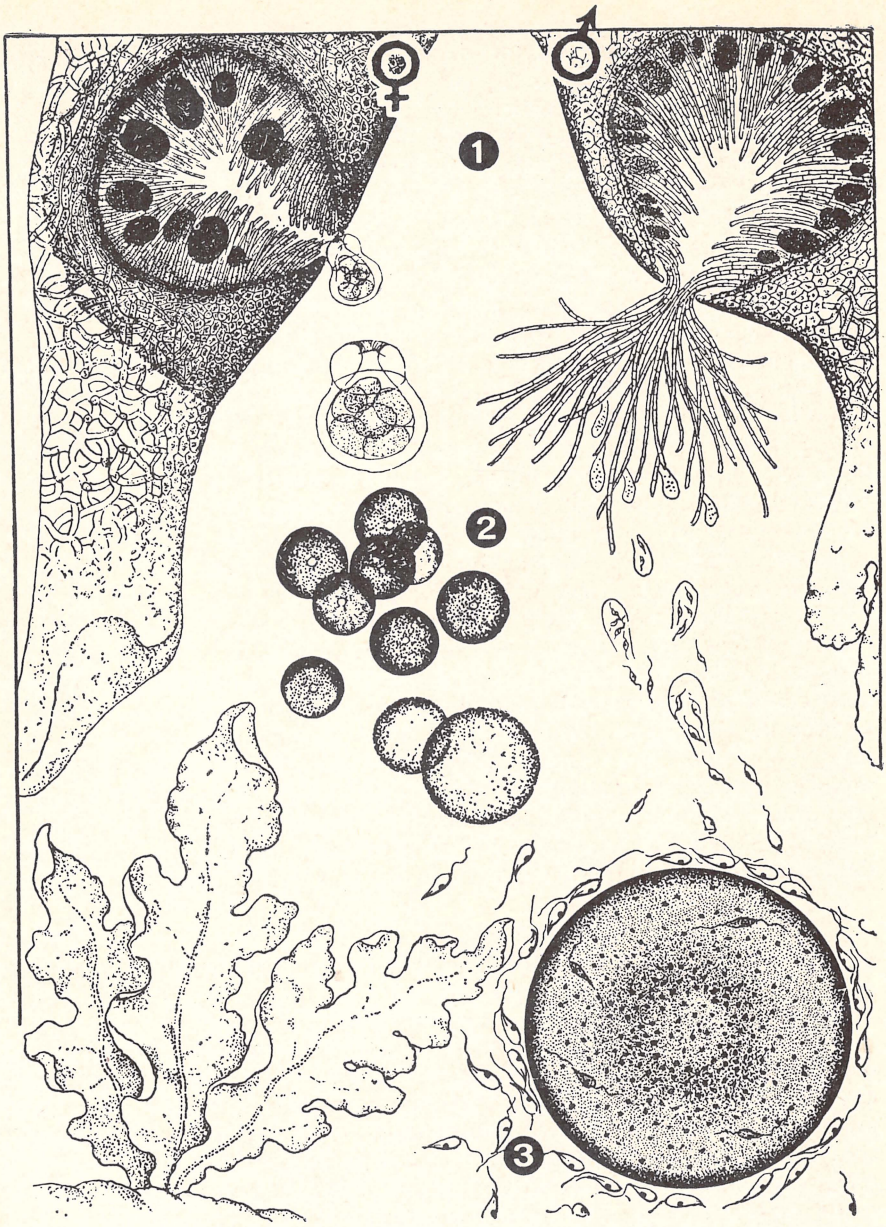


Fig. 21 — ACASALAMENTO DE PLURICELULARES (SARGAÇOS). Os organismos pluricelulares (1) já não podem permutar imediatamente o seu plasma, como as células da fig. 1. Despedem, portanto, as células sexuais (2) que se acasalam fora do corpo (3).

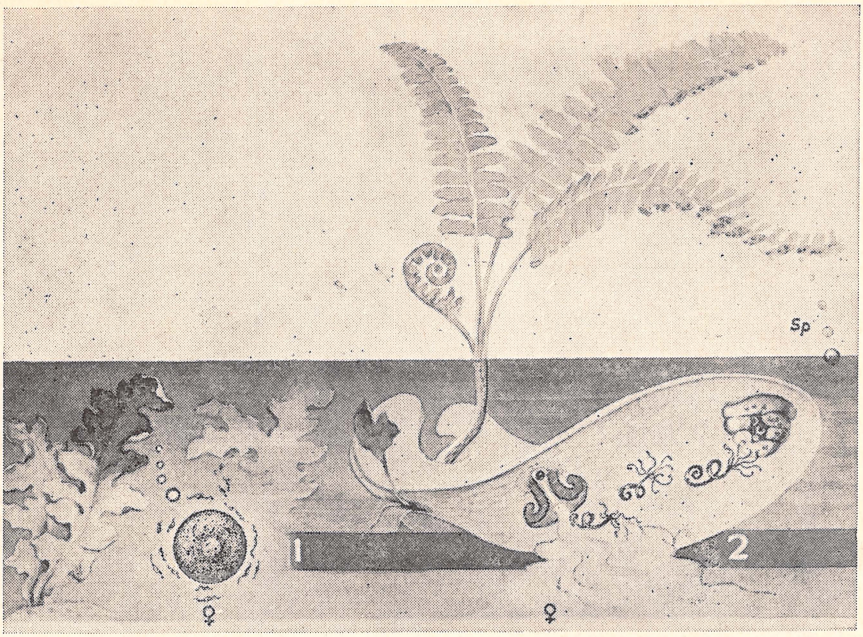


Fig. 22a — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DO VEGETAL, I. 1) O vegetal, como ser aquático: o sargaço vive na água e se reproduz como os peixes. Células sexuais, ejaculadas, unem-se na água em novos indivíduos. 2) O vegetal, como anfíbio: os fetos passam a juventude na água. Na época da maturidade sexual, vêm à tona e semeiam espórios (Sp). Dêsses espórios nasce um vegetal gerador: o prótalo, que gera células masculinas móveis (acima do 2) e óvulos femininos (♀). Da união de ambos brota da planta aquática um feto.

mente os órgãos genitais que aqui se nos deparam como os órgãos mais antigos. Ainda não se nota grande diferença entre os masculinos e os femininos. Os órgãos genitais não são senão golfos donde brotam as células sexuais (1). Depois de se desprenderem do meio original, estas começam a diferençar-se externamente. Umas tornam-se esferas, óvulos (2); as outras, células flageladas; estas são atraídas pelos óvulos, com um aroma sexual, o ácido málico (3). Essa distinção entre as grandes células femininas imóveis e as pequenas células masculinas móveis persiste em todo o reino vegetal e animal, até ao homem; e a fecundação humana difere tão pouco, em essência e aparência, da dessas criaturas da história primitiva, que um observador não habituado ao fato não saberia dizer se tem diante dos olhos a fecundação dum sargaço marinho ou a gênese dum ser humano. Desde as eras primitivas, célula seminal e óvulo são símbolos imutáveis dos dois sexos: a fêmea passiva, esperando, aliciando; o macho, móvel e agressivo, procurando, fecundando.

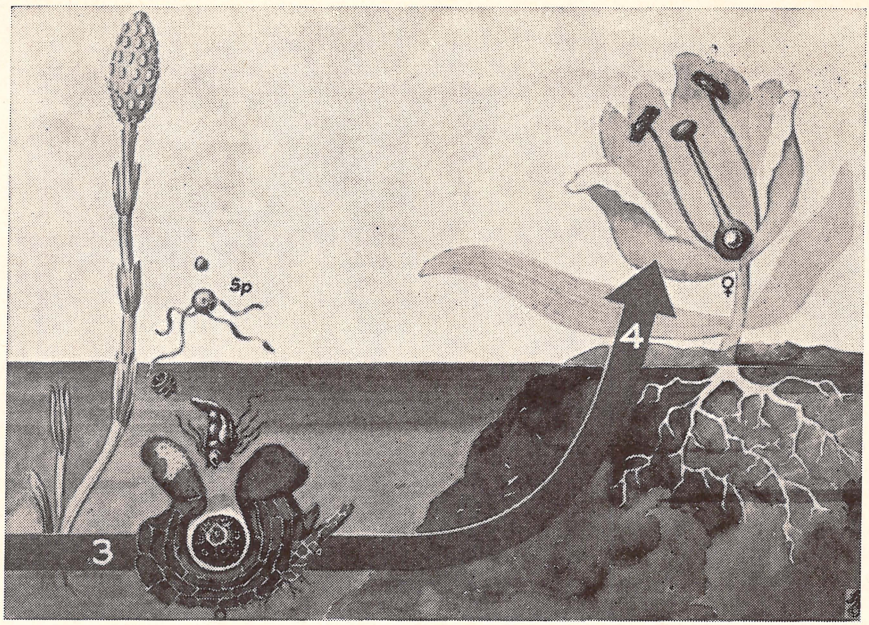


Fig. 22b — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DO VEGETAL, II. 3) Nasce a flor: as cavalinhas concentram os seus receptáculos de espórios como "flores", no vértice do caule; mas a fecundação ainda se opera, como nos anfíbios, dentro d'água. 4) O vegetal, como ser terrestre: o vegetal ergue o prótalo, com as células sexuais ao ar, e aparece a "flor".

Tôda procriação opera-se na umidade; é que a célula masculina continua sendo, até no homem, um animal primitivo flutuante. Foi evidentemente problema difícil para o vegetal conseguir pôr à disposição das células seminais, em terra, o ambiente úmido. Durante muito tempo, justamente por êsse motivo, os vegetais não puderam emancipar-se da água; tiveram de levar vida de anfíbio; e, mais tarde, coube a mesma sorte ao reino animal, quando os animais abandonaram a água. Nas figuras 22 *a* e 22 *b*, acompanhamos essa evolução da água para a terra; na figura 23, estão ampliados os processos microscópicos. Enquanto não resolveu o problema de, no meio aéreo, unirem-se as suas células sexuais, o vegetal permanece dentro ou perto da água. As células seminais são geradas na superfície inferior da planta, a fim de caírem nas profundidades úmidas.

Na figura 23, vemos a cavalinha que é apenas um caule. À guisa de tímida tentativa de criar fôlhas, se nos deparam lóbulos incolores que envolvem o caule, à maneira de colarinhos, e se superpõem à roda dêle, em planos bem separados. No vértice do caule, porém, no ponto onde êste termina o seu crescimento, os lóbulos se apertam e o cimo do talo converte-se em receptáculo de espórios (1). Ali temos o

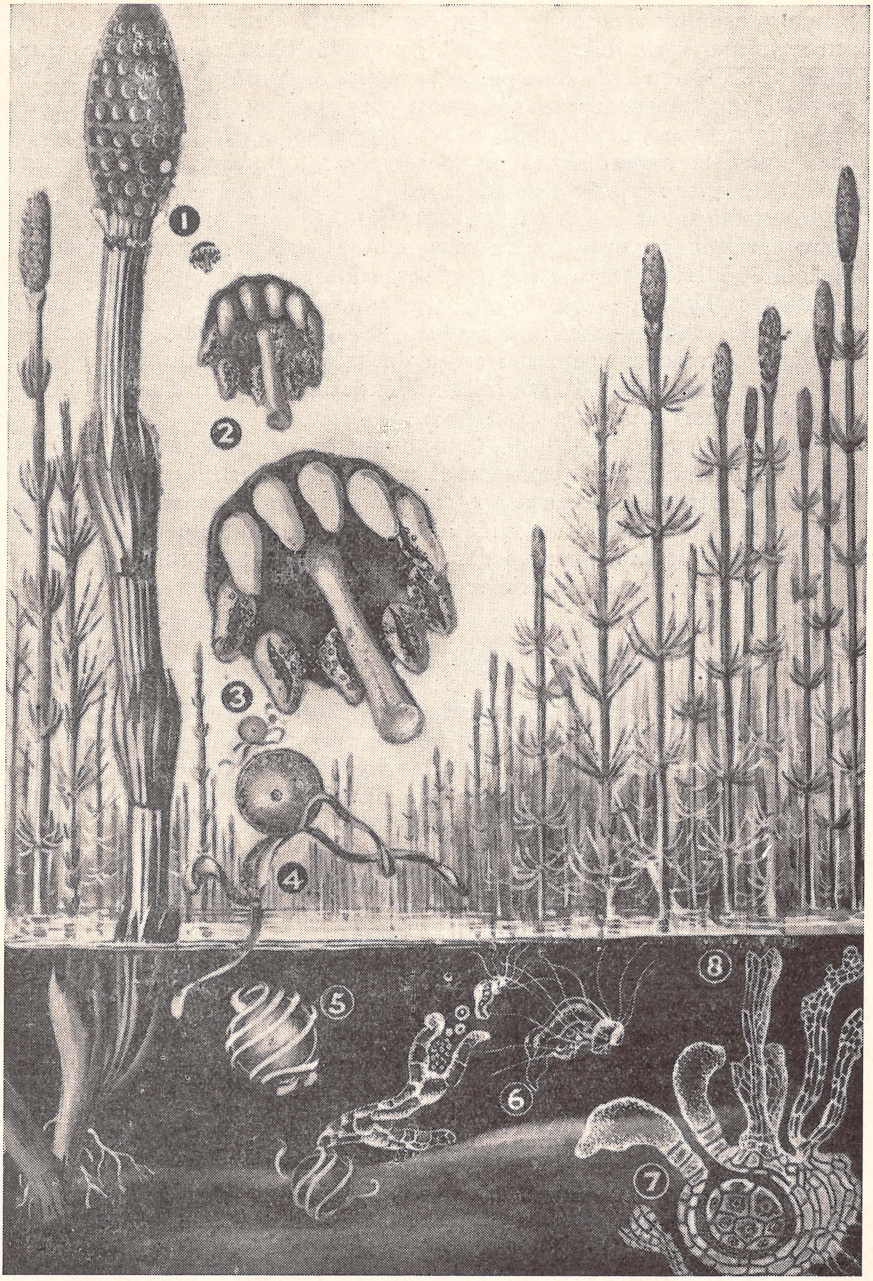


Fig. 23 — A CAVALINHA. A cavalinha é a corporificação do "triunfo da luz" na história do reino vegetal. O órgão da reprodução, gera os espórios, torna-se "copa".

primeiro exemplo da "metamorfose das plantas", descoberta por Goethe, a transformação de fôlha em "flor". Em 2 e 3, vêem-se ampliações progressivas do receptáculo de espórios, semelhante a um guarda-chuva. Ao contrário do que se faz aparecer na figura, por motivos didáticos, êle não cai; permanece no caule e espalha os espórios. Êstes são bolas donde nascem andas, a fim de que, embora caindo em terreno desfavorável, os espórios possam deslocar-se fàcilmente (4). Alcançando água, encolhem as andas (5) e afundam. Ali germinam; porém, não como cavalinhas, porque neste caso não se daria o rejuvenescimento, mediante o cruzamento com o plasma doutro indivíduo. Produzem, pois, uma plântula incolor e opaca, chamada prótalo, "leito nupcial". Do prótalo manam as células sexuais masculinas providas de flagelos, e que se locomovem com sua carga de gens (6), e femininas, depositadas no "leito nupcial", atraindo as células livres pelo aroma (7). Da sua união nasce um novo vegetal (8).

De acôrdo com êsse tipo se reproduzem os vegetais das eras primitivas: fetos, cavalinhas e musgos. É uma vida bipartida entre a água e a terra, entre as trevas e a luz, entre o passado da espécie nas águas tenebrosas e o futuro na claridade e no habitat enxuto da terra. Os descendentes vivem à maneira dos antepassados, os avós como os netos; é o período anfíbio da espécie vegetal.

3) O reino vegetal da atualidade é uma criação moderna

Ao contrário do que se dá em relação à história dos animais, familiar ao homem culto, só excepcionalmente encontramos quem tenha noção, mesmo a mais elementar, da história dos vegetais. Talvez porque até hoje essa história não encontrou um historiador capaz de empolgar. Mas uma noção geral é o mínimo indispensável para formar uma "idéia do mundo"; com efeito, só ela dá ao observador da paisagem uma sensação de segurança, na exuberância aparentemente confusa das formas vegetais.

Imaginemos em primeiro lugar o caráter das eras geológicas: os períodos primitivos foram excessivamente prolongados, em relação às épocas ulteriores; a evolução operava-se nêles tão devagar que, por assim dizer, poderíamos falar de estagnação. Depois, o andamento passou a ser mais rápido e as eras foram ficando correspondentemente mais curtas; cada uma delas tornou-se mais ou menos a metade da anterior; a velocidade aumentou, como a dum cometa que se aproxima do sol.

Os primeiros sêres vivos apareceram há 1.200 milhões de anos. Já então, deviam ter decorrido uns trezentos milhões de anos, desde que "as trevas pairavam sôbre o abismo". Pelo ano 1.000 milhões antes da nossa era — façamos uma pausa, e reflitamos sôbre o que significa mil vêzes um milhão de anos! — fêz-se provàvelmente a luz e apareceram as primeiras substâncias corantes. Passaram-se talvez outros duzentos milhões de anos, antes que os primeiros liquens crescessem nas rochas,

à flor da água. Mais duzentos milhões de anos, antes que sôbre os continentes emersos se estendesse uma espécie de capa musgosa, a primeira flora terrestre da história. Assim temos atrás de nós a opulenta metade da história do reino vegetal e assistimos agora a um espetáculo típico para a história dos sêres vivos: de súbito, por assim dizer evocado do solo, como se uma palavra criadora qual o "seja" da Bíblia houvesse soado, eis que surge, sem que nada até aí o fizesse prever, nem sequer o pudesse justificar, um magnífico reino vegetal. Inicia-se verdadeiramente uma nova era: depois do Egito, a Hélade; depois de Roma, o mundo árabe; depois da Antiguidade, o gótico. No decorrer duns dez milhões de anos, verdejaram as florestas carboníferas. É difícil dar uma explicação. Talvez o clima se houvesse tornado improvisamente propício; talvez águas quentes, manando da terra, amolecessem o solo, criando imensos charcos de água morna; talvez por séculos ou milênios jorraram das nuvens aguaceiros cálidos; ou os continentes se deslocaram para posições favoráveis; talvez o Sol ou o interior da Terra tivessem emitido radiações poderosas, que operaram mutações nos gens dos vegetais. Talvez, talvez... — não faltam explicações ao cérebro humano nem motivos à natureza. Em suma, ampla faixa de regiões pantanosas e quentes cingiu o globo, e nelas nasceram fetos, cavalinhas e as primeiras árvores autênticas, as cicadáceas e o gingko bilobado que inspirou versos a Goethe. A cavalinha engrossou como um poste e os seus receptáculos de esporos avolumaram-se como pinhas; os fetos assumiram porte de palmeiras com trinta metros de altura; e alguns chegaram a tal ponto, que as suas células sexuais se fecundavam em cima, na copa, como ocorre hoje nos nossos vegetais modernos. O ambiente deve ter sido quente, abafadiço como o são atualmente as matas virgens do Brasil, habitat ideal para os vegetais Ainda não havia animais terrestres de grande porte; existiam, porém, as formas primitivas de insetos — e êsses também, favorecidos pelo clima, tomaram dimensões jamais igualadas mais tarde: bichos de conta do tamanho de caranguejos; libélulas com asas mais largas do que asas de pombo! Entre 400 e 300 milhões de anos antes da nossa era quaternária, a civilização do período "carbonífero" chegou ao apogeu; depois extinguiu-se sùbitamente, como surgira. "Sùbitamente", em geologia, significa no curso de cinqüenta milhões de anos. A causa dêsse rápido declínio dum mundo tão belo e tão completo é notória: sobreveio um período de sêca. Os desertos, favorecidos por ventos fortes, avançaram contra as florestas carboníferas, e elas ficaram sepultadas sob camadas de areia fulva.

Assim como da espécie gigantesca dos sáurios, assim dos colossos do período carbonífero subsistem apenas restos mesquinhos que, a exemplo dos ofídios e das lagartixas, se encolhem nos esconsos. Um paralelo digno de nota, na história da vida terrestre: a morte rápida das florestas carboníferas e a igualmente rápida extinção dos sáurios. Separados por largo espaço de tempo, os dois acontecimentos nada têm de comum, salvo isto: são tipos. A natureza é assim. Pródiga e im-

piedosa. Prodigalidade, porque a evolução posterior não continuou a partir dos bosques de fetos nem dos sáurios, mas recomeçou de pontos totalmente diversos. A natureza é uma artista. Erigiu fetos gigantes e depois, como Miguel Ângelo aos seus mármores, deixou-os pela metade; esboçara um modêlo grandioso de árvores colossais: o gingko, e reduziu-o a frangalhos, como Miguel Ângelo espedaçou o seu último e mais extraordinário esbôço, de cólera e desdém pela humanidade.

Após a extinção das florestas carboníferas, passaram-se cêrca de 100 milhões de anos na Terra, sem ocorrer nada de notável. Após essa época, duma região donde não era absolutamente de esperar, partiu uma "invasão", um paralelo da invasão dos gôdos, dos árabes, dos hunos, na história da humanidade. Da atual zona ártica polar, cujo clima era então temperado, as árvores avançaram em massas compactas para o sul. Não apresentavam leques nem fôlhas, mas agulhas. Eram as coníferas, as portadoras de pinhas, espécie rija, hirta, severa. Elas representam, na história dos vegetais, os legionários romanos. Resistentes ao tempo e às intempéries mas, acima de tudo, regimentos uniformes, as coníferas lançaram-se como pioneiras ao deserto, conquistaram-no em luta obstinada e criaram um vasto império que, pobre de côr e de aromas, se assemelha ao império romano da história da humanidade. As suas raízes racharam as rochas e lavraram o solo, preparando o terreno para um novo mundo futuro que, tal como o dos sucessores dos romanos: os bizantinos e os árabes, obedeceria a uma orientação oposta, um mundo alígero, cheio de aromas e de côres, de poesia, de música, o mundo floral dos nossos dias. Não passaram talvez mais cinqüenta milhões de anos ainda, desde o aparecimento da primeira árvore folífera "moderna". Um dos patriarcas vegetais foi o sicômoro, mencionado já nos primeiros capítulos da Bíblia: "Abraão erigiu um altar ao Senhor, num bosque de sicômoros, em Mamre". Depois apareceram salgueiros, álamos, bétulas, aveleiras, carvalhos e só desde época bem recente existe a paisagem florida que evocamos, pronunciando a palavra "flora".

Uma autêntica série de "invenções" caracteriza o vegetal moderno. A agulha, enrolada e rija das coníferas, foi substituída pela fôlha larga das árvores copadas. Estas produzem incomparàvelmente mais amido, consomem mais água; e, em conseqüência, melhoraram em medida correspondente os vasos condutores. Os canais melhorados proporcionam um aumento de permuta de substâncias; a vida do vegetal torna-se mais intensiva, o seu crescimento mais rápido. Efetuam-se "transações" dantes impossíveis como, por exemplo, a queda das fôlhas. Graças à queda das fôlhas, a árvore folífera, que até aí só medrava em zonas quentes, pôde avançar em regiões mais frias. As árvores frondosas começaram a disputar as regiões frias, aos bosques de coníferas e forçaram-nos a recuar para os montes. Tiveram as coníferas a sorte dos povos antigos que, expulsos pelos invasores das suas férteis regiões nos vales, hoje vivem, como os bascos, os habitantes dos Alpes réticos, os curdos, os berberes, nas montanhas. A queda das fôlhas acarretou outra invenção: o gomo. Graças a êle, a fôlha aparece prontamente na primavera;

pré-fabricada durante o verão é acondicionada na embalagem apertada do brôto, pronta para o uso como um pára-quedas. Ao contrário da crença generalizada, as fôlhas não se formam na primavera. Como poderia criá-las a planta nessa estação? Faz frio, e ela ainda não traz as fôlhas com que poderia trabalhar. As fôlhas estão nos gomos, como a borboleta no casulo. Alguns dias de sol, e a fôlha sai do casulo vegetal e, como a borboleta no curso de poucos minutos, em poucos dias, desdobra-se em tôda a sua largura. Os brotos são pára-quedas fechados, borboletas empacotadas, casulos de fôlhas.

As fôlhas mortas formam um terreno propício para bacilos e cogumelos. Inicia-se então um processo variado, cujo resultado final é o humo. Êste oferece, por seu turno, o campo ideal para a semente que encontra nêle calor, umidade, elementos nutritivos fàcilmente assimiláveis, o viveiro da natureza.

Pouco resta das plantas menores e, apesar disso perenes, quando lhes caem as fôlhas; se criassem brotos, os animais famintos os devorariam no inverno. Como plantas perenes só podem desenvolver-se ou sobreviver as que perdem não só as fôlhas, mas também o caule, de modo que fique apenas a raiz, sob a proteção da terra. Nela são armazenados todos os elementos nutritivos para a reconstrução da planta, no ano seguinte; em conseqüência, as raízes incham como frascos e sacos, os tubérculos e bulbos. As plantas tuberosas e bulbosas são vegetais que, após a queda das fôlhas, desaparecem completamente da superfície e invernam debaixo do solo, reduzidas apenas às raízes volumosas. Que série de belas invenções: fôlhas, queda das fôlhas, gomos, humo, semente, tubérculos; e depois ainda o aparelho que, sem o auxílio de água e de solo úmido, possibilita a união das células geradoras para a reprodução: a flor. Poderíamos quase dizer — é, porém, um modo de ver humano — que não foi sem mérito que o vegetal moderno conquistou o seu poder no mundo atual.

Capítulo IV

O VEGETAL DA ATUALIDADE

1) Revelado o segrêdo da vegetação

Assim como, há cêrca de 160 anos, Cristiano Conrado Sprengel escreveu a sua magnífica obra: "O segrêdo da natureza, revelado na estrutura e na fecundação das flôres", assim poderíamos nós escrever hoje o volume seguinte dessa obra: "Revelado o segrêdo da estrutura e da vegetação das plantas". Na realidade, se os nossos conhecimentos

não bastam ainda para escrever uma obra esplêndida como a de Sprengel, a nossa revelação promete não ser menos interessante do que a descoberta da fecundação pelos insetos. Desvendou-se o mecanismo interior, mediante o qual a planta regula o seu desenvolvimento e o aspecto das suas várias partes. Os vegetais projetam determinadas moléculas-órgãos, em âmbitos especiais. Do verbo latino *augmentare* derivou-se para êsses elementos o nome de *auxinas*. Como órgãos não se desgastam; funcionam como chaves. A pequena chave de ignição põe em movimento o grande veículo motorizado; entretanto, não se consome; dura tanto quanto o carro. A milionésima parte dum milionésimo de grama de auxina aumenta de 10 % a rapidez do desenvolvimento das raízes do agrião. O animal também trabalha com auxina, a duas das quais se dá respectivamente a denominação de vitamina B_2 e vitamina B_{12}. Uma dose diária de dois milionésimos de grama de auxina basta para com uma diminuição de 10 % da alimentação dos leitões, aumentar o seu crescimento de 20 % e torná-los maduros para o matadouro com vinte dias de antecedência.

Isto, porém, é apenas a primeira parte da interessante descoberta. Mediante uma pequena modificação da molécula, o efeito desta será ou diminuído ou até invertido. O automóvel anda para trás; a auxina transforma-se em antiauxina. O ácido aminado triptófano é um elemento vegetativo; adicionando à molécula o grupo atômico CH_3, a mesma substância se tornará antivegetativa. Êsse retardamento ou inversão, mediante uma alteração insignificante da molécula permite ao vegetal usar ou não, em tempo e lugar oportunos, o elemento vegetativo e dirigir assim, com uma pequena manobra, a marcha da máquina da vida, como o motorista dirige a marcha do auto pela caixa de câmbio. O vegetal não age como o homem, para girar a chave ou mudar a velocidade; na planta, são o calor, a luz e fatôres análogos que fazem agir ou deixar de agir o elemento vegetativo. Uma das primeiras plantas que principia a brotar no fim do inverno é o açafrão. A sua auxina é tão sensível, que basta uma elevação de temperatura de meio grau centígrado para que o bulbo germine. A tulipa floresce mais tarde, porque a sua auxina precisa de um aumento de temperatura de dois graus, para se operar na molécula a transposição decisiva do grupo de átomos. A tulipa desabrocha de manhã, quando aumenta a intensidade de irradiação. Até então as pétalas crescem, voltadas para dentro, até certa altura, e com os raios solares se dobram para fora. Baixando a temperatura, as auxinas interrompem a sua atividade; as camadas externas crescem, as pétalas arqueiam-se em sentido inverso e a flor se fecha. Graças a êsse crescimento alternado, de dentro para fora e vice-versa, o comprimento da flor aumenta diàriamente de 7 %. A maior das flores que o habitante do hemisfério ocidental pode admirar é a "rainha da noite". Ela aparece antes da meia-noite, na haste do cacto, com pontualidade de rainha que chega a uma festa de côrte. O mestre de cerimônias, que vela por essa pontualidade, é a auxina. Ao nascer do sol, a auxina se introduz na

flor madura para desabrochar, e precisa de quatorze a quinze horas, para levar ao ponto de se abrir a corola que tem libras de pêso e dimensões de prato fundo. Nessas horas a flor desenvolve-se tão depressa, que de cinco em cinco minutos é possível verificar o movimento das suas numerosas pétalas. Em latitudes mais frias é o dente-de-leão que demonstra de maneira impressionante o processo de tornar ativa ou inativa a auxina. Essa flor abre-se à luz; fecha-se, quando a luz desaparece. Basta a sombra duma nuvem, para promover na ponta das pétalas um movimento visível. A aveia cresce tão ràpidamente em altura, porque produz, no vértice do côlmo, uma auxina que estimula a produção de albumina para os núcleos das células. Se lhe cortarmos a ponta, o crescimento estaciona; se lhe pusermos auxina nesse corte, o caule decapitado volta a crescer. Em determinada fase, a auxina torna-se anti-auxina; e o vértice da planta pára de subir. Brotam, então, os germes dos ramos laterais até aí, por assim dizer, aferrolhados; quando os ramos atingem certo comprimento e resistência, a auxina modifica-se e nascem as fôlhas. Mais tarde, as fôlhas cessam de crescer e aparece a flor; e assim por diante, graças à mudança de posição dos grupos de átomos, durante a vida da planta. Ainda não se desvendou bem o mecanismo; mas o primeiro passo está dado: o mecanismo foi descoberto. E também um segundo progresso: é possível intervir artificialmente. Conforme a auxina que se aplica, ter-se-ão à vontade caules ou ramos, fôlhas, flores ou frutos, no lugar e no tempo desejados. Polvilhando com a auxina das raízes o caule amputado, nascem raízes. Os jardineiros adotam êste método, para estimular nas mudas a formação de raízes. Os vegetais frondosos reagem à auxina, com mais vigor do que o côlmo das gramíneas. Se houver certa dose de auxina na água com que se rega um campo inçado de ervas daninhas, estas crescem tão depressa, que esgotam as suas fôrças, antes de florescer. Os talos tornam-se espessos e felpudos como cactos; não sobra nada para as flores. As ervas secam e o campo fica limpo.

Trataram-se com auxinas de fruto algumas flores de tomate cortadas, e elas produziram, em recipientes de vidro, tomates miúdos, mas gostosos e sem sementes. Mais uma vez, temos a impressão de que uma nova era nos bate misteriosamente à porta: virá uma geração que zombará dos antepassados que lavravam os campos, sob as chuvas da primavera, e afundavam com as suas mãos as mudas no solo. Em salas de cimento armado amadurecem, à luz das lâmpadas, frutos sem raízes, nem caules ou fôlhas. Quando o fruto atinge certo pêso, a sua prateleira abaixa-se; o fruto, maduro para a expedição, rola numa esteira transportadora, desliza para um caixote, que passa por sua vez a uma carroça, a um avião, a um depósito... Assim, ou mais ou menos assim, será a agricultura do futuro, quando o homem — hoje descobridor maravilhado — se houver tornado senhor da auxina. Auxina, fator de multiplicação, que aumenta o poder do homem!

2) *A parte do vegetal que procura a terra: a raiz*

Guiada pelas auxinas da luz e da treva, uma parte do vegetal tende para a escuridão e torna-se raiz; a outra aspira à luz e faz-se caule. Da planta que avistamos na paisagem, só vemos a metade superior. Completa-se-lhe a forma, imaginando uma planta do mesmo porte, escondida debaixo da terra. A parte subterrânea não é pròpriamente a imagem exata da planta superior, pois assume em cada espécie uma forma especial, determinada pela hereditariedade, pelo habitat e pelo modo de vida do vegetal. Viajando nas montanhas escalvadas das latitudes meridionais, tem-se às vêzes a surprêsa de ver no alto das rochas nuas, figueiras verdejantes. A figueira insere profundamente as suas raízes. A dinamitação duma encosta deu-me ensejo de acompanhar as raízes duma figueira quase oitenta metros abaixo do solo, nas fendas da montanha calcária. É sempre a água o que atrai a extremidade das raízes. A figueira procura-a nas profundidades das rochas, como a videira, cujas raízes, nas terras áridas do Mediterrâneo, também vão a profundidade e distância surpreendentes — razão pela qual os profetas prometerem: "Viverá cada qual à sombra da sua figueira e do seu vinhedo", os dois únicos vegetais de fôlhas largas que, graças às suas raízes profundas, resistem sem chuvas ao ardor do verão. Mas, entre ambas, com surprêsa do observador, medra o pepino, os "pepinais" freqüentemente mencionados na Bíblia. Por que justamente um vegetal tão sucoso como o pepino? Porque as suas raízes *não* se aprofundam no solo; permanecem na camada superficial e absorvem com os pêlos finos o orvalho que, no planalto bíblico, entre o mar e o deserto, cai regularmente.

Sempre convivem desta maneira os vegetais cujas raízes não fazem concorrência umas às outras, mas repartem fraternalmente as reservas de água do solo. Numa região naturalmente coberta de vegetação, a terra se apresenta repleta de raízes, como um pacote bem acondicionado. Não é só pela copa, é também pelas raízes que as grandes árvores se mantêm a uma distância respeitável. Entre as grandes raízes das árvores há espaço para as raízes dos arbustos, ervas, grama, flôres. Originou-se assim o que o botânico denominou "comunidade natural dos vegetais".

A meta da vegetação é a água; assim que a tocam as suas pontas, as raízes deixam de crescer. Da orla da copa, goteja a chuva, causando em tôrno da árvore uma pequena erosão. As raízes crescem debaixo da terra, até ao limite dessa depressão, e ali sugam a água (veja Fig. 69). Do percurso das gotas nas fôlhas e nos ramos acima do solo, pode-se deduzir a posição e a forma da raiz abaixo da superfície (Fig. 24).

A raiz não é, como se supunha a princípio, uma esponja inofensiva e absorvente. É um pólipo voraz. Se deitarmos uma ervilha brotada numa superfície de mármore polido, em três dias a ervilha corrói o lustro e deixa uma cicatriz. Se inserirmos um feixe de raízes sêcas na fenda dum rochedo e lhe deitarmos água, a pressão das raízes, germinando, rebenta a pedra com a fôrça dum explosivo. Assim extraíram

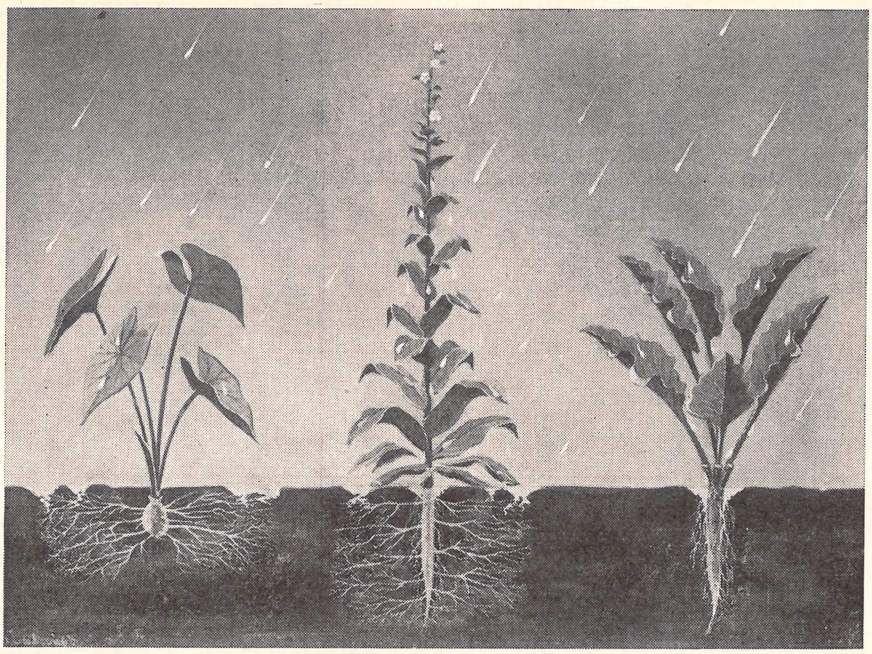


Fig. 24 — PARTE SUPERIOR E INFERIOR DO VEGETAL. Da estrutura da planta superior pode-se deduzir a da raiz subterrânea. (Da "Vida das Plantas", de Kerner).

os egípcios, das suas montanhas rochosas e escalvadas os blocos de pedra dos seus templos colossais. A raiz tem sêde de água como o tigre, de sangue, e "fareja-a" duma distância de cem metros, como o cavalo cujos antepassados viviam nas estepes áridas. Nos jardins secos, as raízes agarram-se aos muros da casa, vicejam em tôrno dos encanamentos; narram-se casos em que elas carcomeram os canos de ferro fundido, entupindo-os como um tampão. Na figura 25, vemos alguns instantâneos da atividade microscópica da raiz. À esquerda, uma ponta procurando a água (1 a 3) e absorvendo-a por osmose. Faz com os sais da planta uma solução gomosa (4) e esta absorve osmòticamente a água do solo (5). Nisso o magnésio, o elemento característico dos vegetais, presta-lhe bons serviços. Nenhum outro sal fixa tanta água. A molécula de sal de cozinha fixa 4; a molécula de açúcar, 7; uma molécula de magnésio, 12 moléculas de água.

A raiz não se limita a beber; come também (Fig. 25 embaixo). Depois de rebentar as pedras, a fim de achar caminho para a água, ataca os fragmentos; a sua dentadura é mais forte do que a do leão; a sua capacidade de digerir excede a do píton. Insere filamentos nas fendas (1, 2, 3), envia sal à extremidade do "canal radical", intumesce-o por osmose (4). A prensa hidráulica (5) principia a trabalhar e parte a

Fig. 25 — A RAIZ. A raiz abre caminho no solo, com uma ponta endurecida (centro da fig.). As raízes laterais pressentem a água (à esquerda, algarismos pretos de 1 a 5), rompem o solo e sugam os fragmentos (em baixo, algarismos brancos, de 1 a 8); dissolvem as partes resistentes, com um "suco digestivo" (à direita, algarismos brancos em fundo prêto, 1, 2).

pedra (6). Procura dissolver os grumos resultantes segregando uma espécie de visgo (7, 8). Se êste não adiantar, a raiz recorre aos ácidos. Primeiro, o ácido carbônico fraco; o que lhe resiste é atacado com ácido nítrico; os resíduos são assimilados, mediante uma espécie de suco digestivo que contém fermentos (Fig. 25, à direita, 1 e 2).

Em princípios do século XVIII, um inglês participou ao mundo que a seiva sobe nos vegetais. Foi uma das primeiras descobertas da botânica moderna e causou sensação. Há duzentos e cinqüenta anos que se estuda essa "pressão da raiz", mas o segrêdo ainda não foi desvendado. A princípio, simplificava-se como sempre, dizendo: "É claro: as árvores puxam água para o alto, porque, no alto, ela se evapora pelas fôlhas; logo, uma teoria do vácuo. Mas como o demonstrava qualquer flor arrancada a um prado — o talo sem fôlhas ressumava seiva, embora não houvesse fôlhas para a sugarem; e, na primavera, a seiva jorrava dos entalhes no tronco das bétulas, onde também não havia fôlhas. Há fôrças ativas em ação; ou melhor: uma série de fôrças agindo em conjunto. Mais importante do que a análise dos fatôres é a penetração viva na ação da natureza. Observe-se uma árvore, correndo o olhar do solo ao cimo; complete-se essa imagem, afundando em espírito até às extremidades das raízes. A água, sob forma de gotas microscópicas, percorre êsse caminho extenso. Para uma gôta microscópica é façanha comparável à ascensão dum alpinista, de Interlaken à Jungfrau. Uma árvore bem desenvolvida puxa num dia quente de estio duzentos litros de água. Essa quantidade toca também a cada uma das tamareiras dos oásis do Saara. Há nêles dez milhões de tamareiras; isto é, dois mil milhões de litros diàriamente. E são apenas as tamareiras do Saara. Quantas árvores há no mundo? Quantos colmos de gramíneas? Quanta hera, quantas lianas, quantos lúpulos, trepadeiras e demais plantas? Os vegetais executam mais trabalho cinético do que os animais, os homens e as máquinas reunidos. A água, que sobe nas árvores, é mais do que tôda a que corre nas cataratas e nos rios do globo. Como quadra ao caráter do vegetal, não se trata de exibição ostentosa como a cauda do pavão, o salto da gazela, o vôo do aeroplano; é uma atividade discreta que ninguém vê e ninguém avalia; uma atividade comparável à da mãe que lida em casa, enquanto os homens estão ocupados fora. E, quando êles à noite se sentam à mesa e falam, com exuberância de palavras e gestos, do que fizeram e do que realizaram, em meio dessas gabolices a mãe de família limita-se a sorrir.

3) A parte do vegetal que foge da terra: o caule

O caule, que brota da raiz acima do solo, é produto de cinco tecidos. O mais importante dêles é o "cone vegetativo", o gomo, que não é pròpriamente um tecido, mas um órgão — ou, mais do que órgão, a planta "in nuce", a planta em germe. É o embrião, que sobe como num

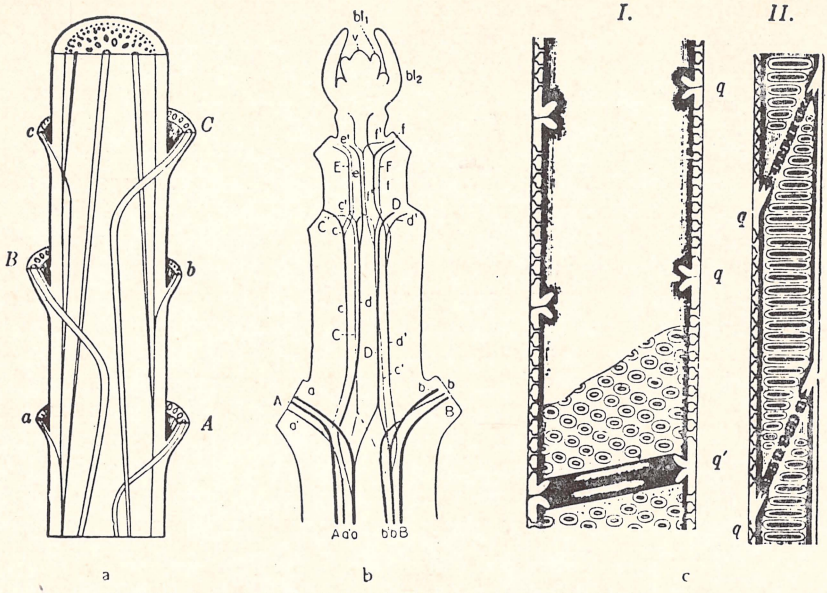


Fig. 26 — VASOS CONDUTORES NO CAULE DO VEGETAL. *a)* Percurso dos vasos num caule; *b)* Percurso dos vasos num caule, na fase da germinação; *c)* A parede dos vasos apresenta sulcos ascendentes helicoidais *q*. A parede do vaso, entre as ranhuras, é mais delgada em diversos lugares para que os líquidos se possam difundir. (Conforme *croquis* de obras científicas).

elevador, dirigindo por meio dos seus gens e das moléculas-órgãos nascidas dêles, a constituição da planta (Fig. 26 b, v).

Para sustentar a futura planta, o caule forma em segundo lugar o tecido-esteio que, nos vegetais de vida perene, se consolida em lenho. Quer a haste carnuda, quer os troncos lenhosos são obras-primas de técnica, admiradas respeitosamente pelos nossos construtores (Fig. 27). Realmente, não é admissível comparar — como acontece muitas vêzes — talos e troncos às criações da técnica humana.

Não é possível comparar construções da microtécnica a produtos da macrotécnica. A técnica humana não criou um côlmo de centeio, nem o reino vegetal produziu um telescópio. O caule do centeio é uma obra tão perfeita quanto o espelho de Palomar ou um motor de aeronave; não é "melhor". Não chega a ter 3 mm de diâmetro, mas atinge a altura de 1.500 mm; suporta no vértice a espiga pesada, não quebra, mesmo com vento forte, mas verga até ao chão e torna a erguer a espiga intata centenas de vêzes, sem sofrer nenhum dano. Se soubermos ver, a vista duma seara, sob o vendaval, é tão empolgante como a do mar quebrando nos penhascos. As hastes das plantas suportam mais do que fios de ferro batido da mesma grossura e têm quase a resistência do aço de boa qualidade. Se observarmos como sua o lenhador, ao desenterrar um tôco de árvore, ou tentando o impossível: arrancar as raízes do

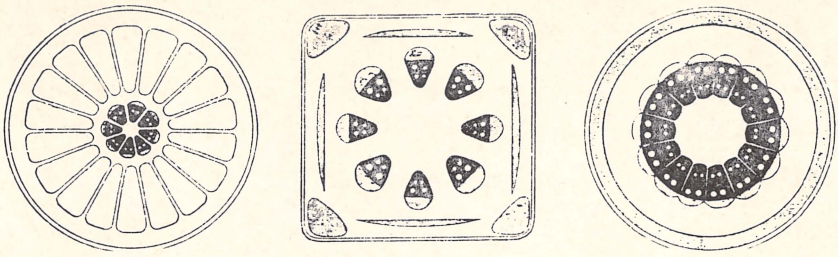


Fig. 27 — SEÇÕES TRANSVERSAIS DE CAULES. Os vasos condutores, dispostos simètricamente, cercados de material protetor, originam "estruturas arquitetônicas". (Da "Vida dos Vegetais", de Kerner).

solo — para isto se faz mister empregar dinamite quando a árvore é avantajada — será tal o nosso respeito, que não haverá necessidade de fazer comparações errôneas entre a árvore e o arranha-céu.

O terceiro tecido, no centro da coluna, é pròpriamente o tecido do caule, um tecido esponjoso: células novas e não diferenciadas que, graças à sua multiplicação constante, fornecem material para a estrutura das outras partes. Enchem como tecido esponjoso tôdas as lacunas, principalmente o eixo, porque êste é a parte menos solicitada mecânicamente. Os caules são colunas ôcas. E essa cavidade é utilizada como reservatório; ali, grandes células enchem-se de amido, de substância açucarada ou de resina, de óleos, de glúten, de materiais, corantes, de sais; e, às vêzes, notam-se cristais em forma de cacho, pendentes nas células ôcas (Fig. 28, 6).

Entre o reservatório central e a parede-esteio, correm os vasos condutores, formados de células que se juntam umas às outras, em cordões resistentes e depois se tornam ôcas. O resultado são duas espécies de vasos que podemos designar com duas denominações corriqueiras: cano de água e cana-de-açúcar. Os canos de água puxam água da raiz. Para vencer a subida, as paredes entalham-se, originando "calhas" na parede dos tubos. Correspondentemente ao percurso da água, elas dispõem-se oblìquamente, as mais profundas procurando juntar-se às superiores. Formam-se assim espirais, escadas de caracol que facilitam a ascensão das gotas de água (Figs. 26 c e 28, 5). Da raiz ao cimo, uma gôta percorre aproximadamente dez milhões de voltas. Além disto, os filêtes impedem que o vaso se feche; êle conserva-se sempre aberto, como uma traquéia, razão por que os vasos condutores de água dos vegetais se denominam traquéias. No espaço entre os filêtes, a parede é delgada. Os materiais passam por êsses painéis pouco espessos, que se denominam impròpriamente malhas. No corte (Fig. 26 c) os pontos aparecem como janelas circulares (I) ou alongadas (II).

Em contraste fàcilmente perceptível, as "canas-de-açúcar" não apresentam ranhuras, porque o amido fabricado nas fôlhas desce por elas sob forma de glicose. Constam de cordões de células oblongas, que se tornaram ôcas e cujas paredes divisórias têm cavidades para a passa-

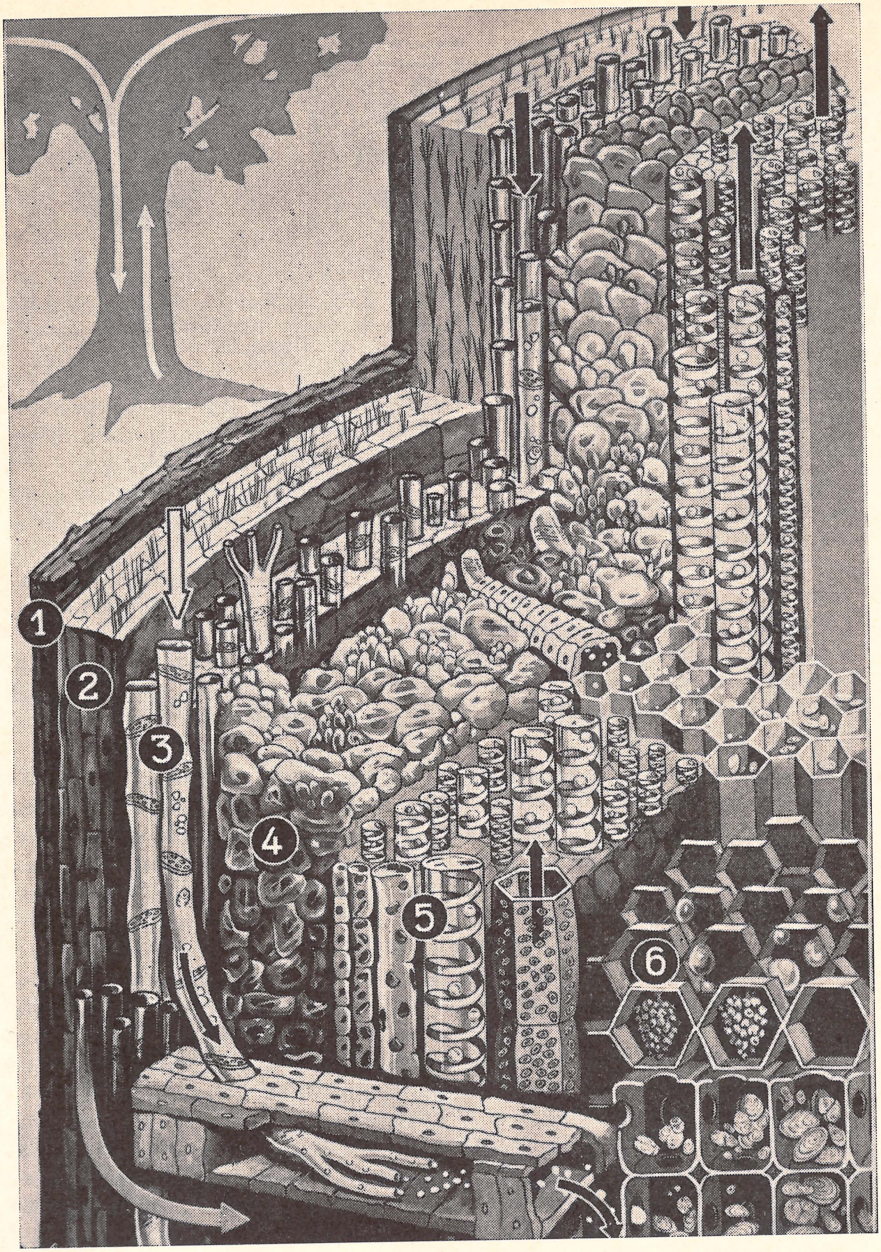


Fig. 28 — LENHO: VISTA DA ESTRUTURA DUM TRONCO LENHOSO. 1) Casca; 2) Líber; 3) Vasos condutores de crivo, descendo das fôlhas para a raiz; 4) Camada celular para a produção das células geradoras do lenho; 5) Vasos de caracol ascendentes; 6) Reservatório interior.

gem, de modo que se originam crivos. Canos de água — escadas de caracol; canos de amido — crivos. Na sua superfície externa, situam-se células que lhes sugam o conteúdo nutritivo.

Examinemos qualquer vegetal e consideremos, sem sermos carregados de erudição, como devem estar dispostos os vasos no caule, para que tôdas as partes da planta estejam ligadas entre si por êsses canais. Percebem-se imediatamente as dificuldades da tarefa e compreende-se que ela exija soluções engenhosas, como o evidenciam esquemàticamente os *croquis a* e *b,* da figura 26.

Se fôsse possível obter vistas do sistema vascular, injetando nêle substâncias corantes, e utilizá-las, ampliadas, para projeções, o álbum "O Belo na Natureza" se enriqueceria dum capítulo estupendo.

4) O lenho

Não façamos pouco do lenho dizendo ser êle o material de que se fazem os troncos; é o produto da atividade de tôda a vida da árvore e uma das maiores obras de arte da natureza terrestre. Quem soubesse criar o "Livro Ilustrado do Lenho", nos apresentaria uma obra digna de se equiparar à "Vida de Albrecht Dürer" ou ao magnífico volume dos "Altares de Riemenschneider". A figura 28 não tem a presunção de retratar o lenho. Não seria possível, como não se poderia apresentar num só quadro a Suíça. Esta figura assemelha-se a um dêsses mapas em que se desenham as cidades em ponto grande, os habitantes em trajes nacionais e, entre êles, alguns animais característicos, para dar uma idéia da vida da região. Mostra os elementos do lenho, na sua disposição típica, para que se tenha uma noção do que se diz pròpriamente, quando se pronuncia a palavra "lenho". Obedecendo a interêsses práticos, a indústria da madeira promove o estudo do lenho, em institutos especiais; e, como sempre acontece, êsse estudo teve como conseqüência o aparecimento duma verdadeira literatura sôbre o lenho; descobriu-se, além disto, cem vêzes mais do que se procurava; e vieram à luz pelo menos tantos enigmas quantos conhecimentos.

O tronco duma árvore é o produto dum trabalho tão antigo como a árvore. Cada galho que brota do tronco exige a adição de novos feixes de vasos condutores. Êstes situam-se externamente — *sob* e não *sôbre* a casca — de modo que o tronco se espessa anualmente com uma nova camada de vasos. A soma dos vasos que se formam no espaço dum verão representa o anel anual; e o número dêsses anéis dá-nos a idade da árvore. Leonardo da Vinci escreveu no seu livro sôbre a pintura — num livro de arte, um trecho relativo aos anéis anuais! — que nêles se poderia ler não só a idade mas, conforme as diferentes larguras do anel, também o tempo reinante nesse ano; Leonardo é, portanto, o pai espiritual do estudo do anel anual da árvore, estudo que, no nosso século, se elevou ao nível de verdadeira ciência. No Arizona, há um "Instituto do Anel Anual", que, desde 1933, vem publicando boletins,

e no qual foram tratadas cientìficamente amostras de lenho, em número superior a um milhão. Em Estocolmo, utiliza-se um aparelho que faz passar os cortes transversais ampliados por um campo visual, conta automàticamente as camadas, registra-lhes a largura com a aproximação de 1/100 mm e obtém aritmèticamente os resultados. Êsse registrador de anéis examina, numa hora, várias dezenas de "impressões digitais"; pois é o que representam essas "rubricas". Cada espécie de árvore reage ao clima, de maneira diferente; e tôda região tem o seu clima peculiar, ou clima local. Cada ano decorre numa sucessão diferente de dias de sol e dias nublados, de chuva e de estiagem, de períodos quentes e frios, de vento e de calmaria. Dá, em conseqüência, um anel concêntrico tão singular, nas suas sutilezas, como uma impressão digital. No anel se reflete, como no vinho para os entendidos, o "ano da produção". Por isso o lenho se denomina "Anuário da Meteorologia". Como as camadas se formam para fora, as externas são os últimos anéis, e as primeiras ficam no interior.

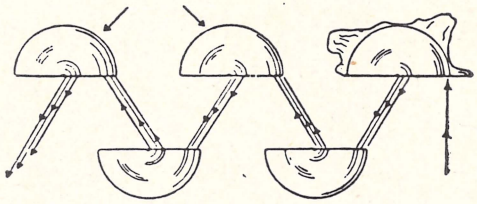


Fig. 29 — DETERMINAÇÃO DA IDADE DE MADEIRAS ANTIGAS, MEDIANTE O PROCESSO DA SOBREPOSIÇÃO DE DAVIS.

Numa árvore de cento e cinqüenta anos de idade, abatida em 1900, contaram-se os anéis concêntricos até ao ano de 1775. Se tomarmos agora lenho utilizado pelo ano de 1800, formado portanto no século XVIII, a comparação dos anéis interiores da primeira árvore, com os anéis externos da segunda, permitirá determinar os anos de formação das camadas exteriores desta árvore e, contando para trás, os anos do século XVIII (Fig. 29). Se tomarmos agora um terceiro lenho, também antigo, poderemos sondar o passado de outros decênios. Dessa maneira determinou-se no lenho a "impressão digital" de cada ano, até à época dos romanos; e temos, como a polícia, um fichário que nos habilita indicar de quando data qualquer amostra de madeira. É famoso o diagrama Early Pueblo, que nos mostra uma série de anéis particularmente estreitos, originados por variação do clima, entre os anos de 423 e 431 (Fig. 30). Naturalmente não há necessidade de reduzir a pedaços o velho armário cuja idade se quer averiguar; contentamo-nos com verrumar nêle um furo cujas aparas servem para a pesquisa microscópica. Recentemente acrescentou-se, como recurso auxiliar, o isótopo radioativo do carbônio, o radiocarbônio. Os raios cósmicos transformam azôto em carbônio radioativo. Êste, numa porcentagem determinada e muito

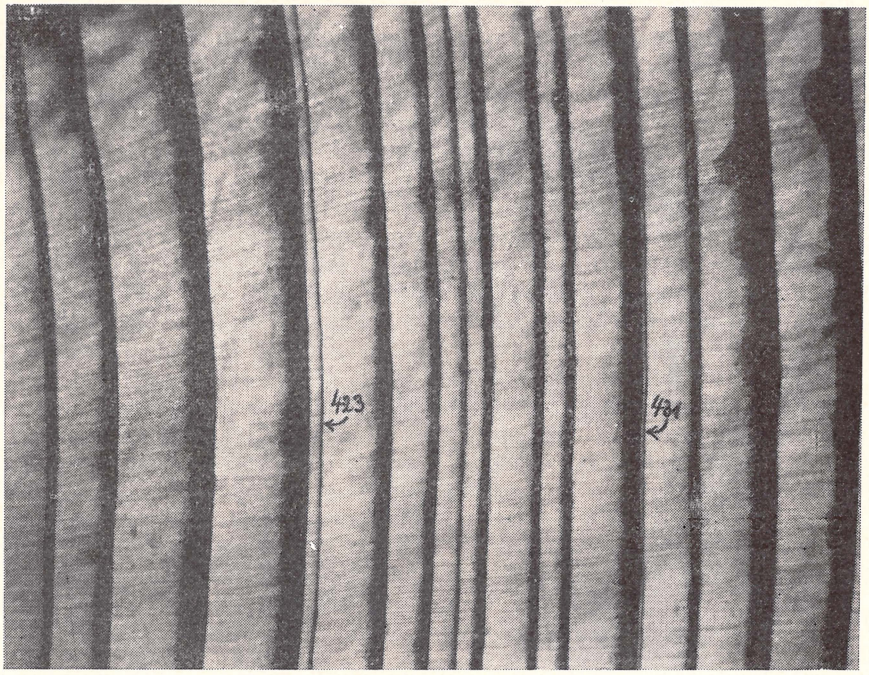


Fig. 30 — O DIAGRAMA EARLY PUEBLO. Êste lenho, com os seus anéis concêntricos estreitos, em conseqüência de anos de estiagem, submetido ao processo de Davis (Fig. 29), revelou uma antiguidade que remonta aos anos 423 a 431 (Douglass-Laboratório de pesquisa dos anéis anuais, Tucson).

diminuta, é contido no ar, e todos os sêres vivos contêm esta porcentagem de radiocarbônio. Com a morte, cessa a absorção e, pela desintegração do átomo, a quantidade de radiocarbônio diminui, segundo fórmulas matemáticas. Pela perda de radiocarbônio pode-se determinar, sem grande risco de êrro, a idade dum lenho, duma petrificação, duma múmia. Seria de desejar que Leonardo se erguesse do túmulo e pudéssemos apontar ao grande artista, dotado de tão rara percepção para todo problema técnico e matemático, o que a ciência — cuja essência e valor êle foi dos primeiros em proclamar — fêz da sua primeira observação. E estamos apenas no princípio.

Compreender o lenho, ainda que na sua formação fundamental, seja ela de natureza química ou contextural, é difícil e exige um trabalho minucioso. Mas todos podem aprender prontamente a olhar o lenho de modo que saibam o que vêem, quando têm diante de si um pedaço de madeira. Secionando transversalmente um tronco, aparece um sistema de círculos concêntricos, isto é, o corte transversal de todos os feixes. Praticado onde o tronco se ramifica, o corte não mostrará um sistema concêntrico regular mas, além do sistema principal, também o do galho.

Se êste — como acontece à maioria dos mais antigos — secou durante o desenvolvimento, os feixes que se tornaram supérfluos atrofiam-se e aparece no lenho uma cicatriz: o nó. Se cortarmos um tronco longitudinalmente, obteremos as "tábuas", onde a maior parte dos vasos cortados em comprimento correm paralelos. Mas em todos os pontos do tronco de onde saem ramificações é que o corte encontra feixes concêntricos. São os belos "olhos". Segundo o ângulo em que o corte os cruza, êles aparecem redondos, ou — com mais freqüência — ovais, porque o sistema de ramificação raramente forma ângulo de 90°; de ordinário, desvia-se aos poucos do tronco principal, como os leques das palmeiras ou como se apartam em ângulos agudos os trilhos que partem duma grande estação ferroviária. Cada árvore produz — como o atesta o aspecto familiar dos móveis — lenho de vária consistência, colorido e desenho. Conforme o número, a proximidade ou a distância dos galhos, o crescimento mais ou menos rápido, a idade da vida vegetal quando a árvore foi cortada, aparecem desenhos específicos: as "veias". Passemos em revista, na imaginação, as várias espécies de lenhos: bétula, pereira, pinho, carvalho, nogueira, mogno e os mais que nos acudam à memória. Passeando dentro de casa, deitemos um olhar ao tampo da mesa, às portas, ao que fôr de madeira em tôrno de nós; alisemos as veias vivas, por assim dizer animadas, tão parecidas, no desenho, com o pêlo do animal e a plumagem da ave. Como êstes, são elas produtos duma criatura de espécie e destino peculiares. E quem souber ver, lerá em tais veias como nas linhas da mão traçadas pela vida.

5) À agulha enrolada sucede a fôlha desdobrada

As fôlhas são guarda-sóis, não porém para evitar a luz solar e sim para absorvê-la. Uma fôlha típica se compõe de quatro camadas de células (Fig. 31): *A*) as células da epiderme, finas e transparentes como celofane; *B*) as "paliçadas", ou tecido em estacada, onde os grãos de clorofila combinam a água (1 e 2) com ácido carbônico (3 e 4) em amido (5). *C* são as células nutritivas e as células-reservatórios. *D*, as células do fundo, entremeadas de poros. Em conseqüência disto, na parte inferior voltada para o solo, a fôlha está crivada de lacunas, porque o ácido carbônico (3) a ser absorvido é um gás pesado e se deposita nas regiões baixas. Também é por êsses poros que a face inferior da fôlha exala o vapor da água, a fim de evitar a evaporação rápida, provocada pelo vento ou pelo calor, e estabelecer debaixo da árvore uma atmosfera refrigerante, impregnada de umidade — haverá quem não a tenha sentido e gozado? Êsses poros não são os buracos simples que aparecem no esquema; são válvulas. Células-almofadas, convexas, estreitam ou alargam a abertura, conforme a necessidade; e, nas zonas áridas, a planta cria "ante-salas" separadas por um delgado gradil de pêlos, ou que segregam sais. Nesses espaços, reina calmaria; estão saturados de vapor de água, e a almofada de vapor inativo protege a

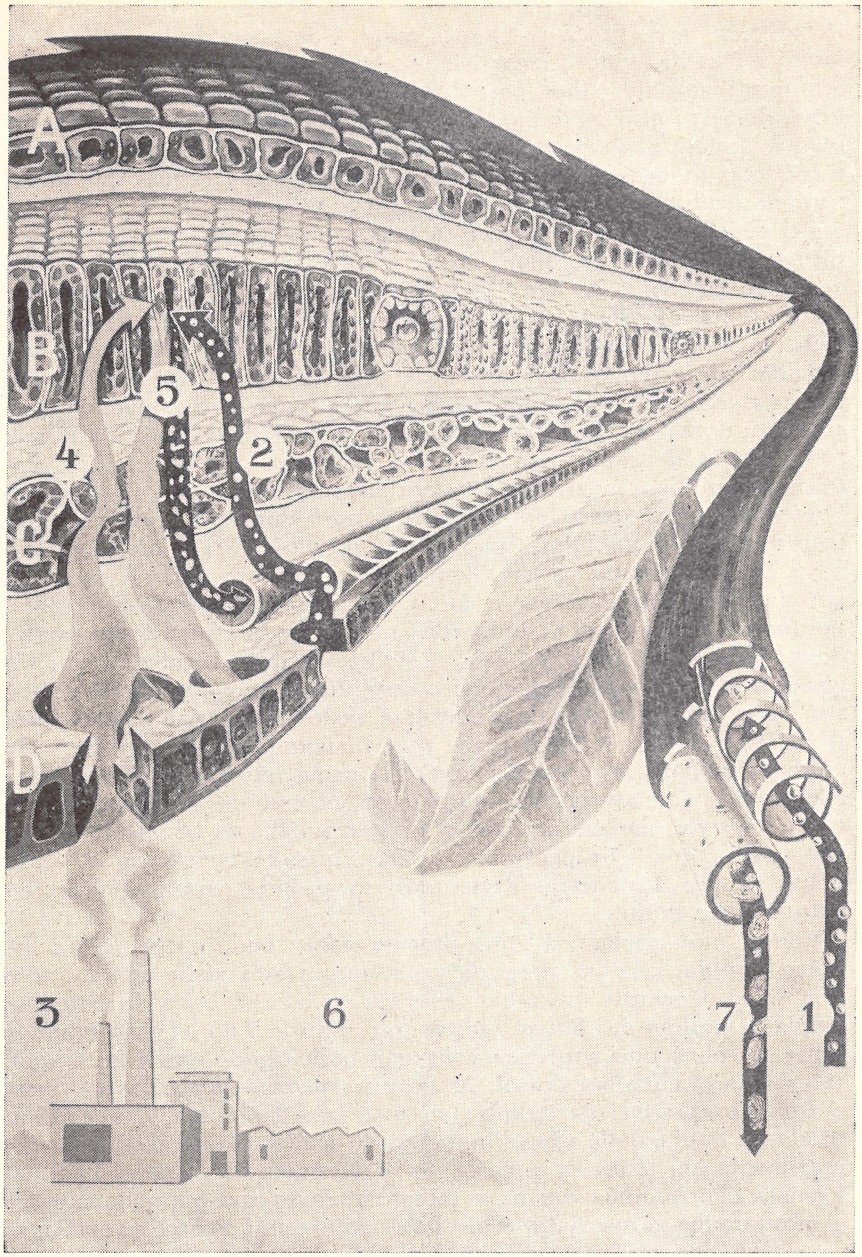


Fig. 31 — A FÔLHA. A fôlha consta de quatro camadas de células, de *A* a *D*. Na camada *B*, com a água (1, 2) e o bióxido de carbônio (3, 4) fabrica amido (5). O oxigênio livre é exalado (6); o amido é encaminhado para o interior da planta (7).

fôlha contra a perda do precioso líquido. Não há necessidade de dizer muito acêrca das fôlhas; basta pronunciar-lhes o nome, para evocarmos e têrmos diante dos olhos, em tôda a sua opulência realmente inconcebível, desde as plumas delicadas da mimosa até à folhagem espêssa das plantas aquáticas, desde o veludo da tília de sala até às fôlhas pesadas e coriáceas da agave. Naturalmente a infinidade de formas das fôlhas não tem nenhuma finalidade; seria absurdo procurá-la.

Do ponto de vista do técnico, a fôlha suspensa no ar é uma obra-prima. Ei-la, adejando, livre, farrapo verde da espessura duma fôlha de papel, embebida de água na proporção de 90 %; apesar disso, não descai como um lenço molhado; permanece em posição horizontal. Debaixo da fôlha, nenhuma escora de tôldo de circo; ela traz a sua armação em si mesma, sob forma de vasos, entre os quais os maiores têm o aspecto de "veias". Vem o vento, e a fôlha não esvoaça nem se encrespa; doze horas de sol não a amarelecem; o vendaval não a arranca; três semanas de chuva não dissolvem um grama de açúcar das centenas de milhares de fôlhas, embora todos os vasos da planta transbordem de seiva açucarada; e não a privam dum dos cristais salinos, suspensos nas suas células, como pendia do teto o lustre no quarto da vovó. Se, durante um passeio, fixarmos a atenção na estática da fôlha, perceberemos com surprêsa quantas coisas nos escaparam até agora, porque o hábito é o pai da indiferença. Observemos a posição horizontal desta fôlha de tiliácea de sala, a fôlha gigante da aboboreira, do girassol, as mãos espalmadas que o castanheiro estende meses e meses, sem se cansar, sem deixar pender um dedo. O habitante dos países tropicais pode ver como o leque da bananeira, com a sua altura de estatura humana, se desenrola como um mapa retirado do estôjo, para adejar prêso ao eixo central — entretanto, no caso da bananeira, vemos que à natureza também se marcam limites; a fôlha da bananeira é uma das poucas que não perduram intatas; quando envelhece, o vento quase sempre a dilacera. Repetimos: as próprias extravagâncias da natureza têm limites.

Como "motor solar", a fôlha procura a luz; onde outras fôlhas lhe fazem sombra, penetra nos intervalos, originando assim um mosaico (Fig. 32 a). É sempre um prazer observar e poder, à beira do caminho, estudar a posição das fôlhas, tapizando os muros. Não há mão humana capaz de cobrir uma superfície com mais perfeição do que o faz a hera, sob a mão orientadora do sol. As próprias plantas cultivadas em vasos são objeto aprazível de estudo. Levemos para casa uma planta até aí criada em estufa, onde a luz a inundava do alto. A planta desenvolveu-se igualmente em tôdas as direções. Se a pusermos da maneira habitual à janela, dentro duma semana as fôlhas voltam-se para o mundo exterior e mostram-lhe o seu lado mais belo, ao mesmo tempo que dão as costas a nós na sala (remediar este inconveniente é tarefa de inventor).

Brotando num caule à mesma altura duas fôlhas grandes, como por exemplo na tília de sala, elas se afastam tanto quanto possível uma da outra, chegando a formar um ângulo de 180° (Fig. 32 b). Se traçarmos

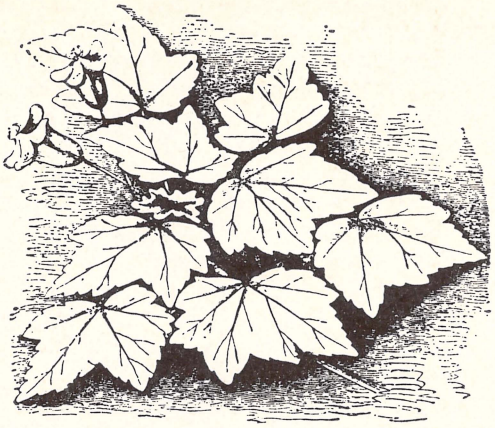


Fig. 32a — MOSAICO DE FÔLHAS. Fôlhas insertas no mesmo nível, agrupam-se orientadas pela luz, preenchendo, à semelhança das pedras dum mosaico, o espaço disponível.

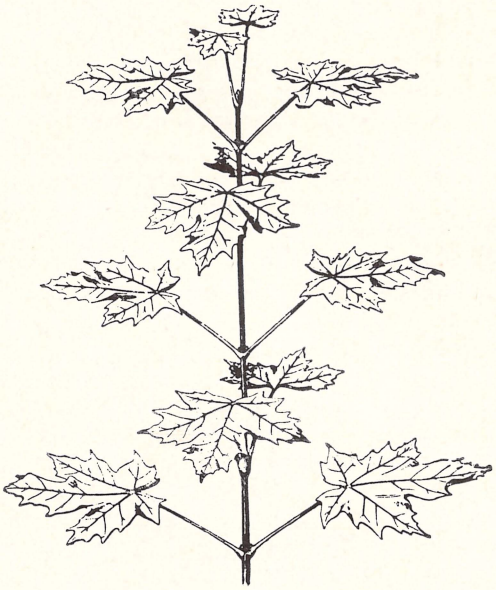


Fig. 32b — ESCADA DE CARACOL DAS FÔLHAS. Fôlhas situadas em diferentes alturas do caule agrupam-se, como os degraus de caracol, de modo que as fôlhas mais baixas preencham o espaço que lhes deixam as de cima. (Segundo Kerner).

um círculo, em tôrno das duas fôlhas, numa volta, ou ciclo, encontramos duas vêzes uma fôlha; escrevamos 1:2 ou $^1/_2$. Se aparecer uma terceira fôlha, distribuem-se as três no círculo e situam-se a distâncias de 120°. Encontramos nesse ciclo três vêzes uma fôlha e escrevemos 1:3 ou $^1/_3$.

Associando-se mais fôlhas, para tomarem lugar no "ciclo da luz", êste já não basta. Com cinco fôlhas, cada uma obteria apenas 72°. Sendo êste espaço insuficiente para o desenvolvimento duma fôlha, elas se dispõem numa linha helicoidal, sôbre dois ciclos. Para acomodar as cinco fôlhas, cumpre traçar dois ciclos; escrevemos $^2/_5$.

$^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$. A terceira fração deriva, como vemos, da soma dos têrmos das duas primeiras: $^1/_2 + {}^1/_3 = {}^2/_5$. Somando os têrmos das duas últimas frações, obtemos: $^1/_3 + {}^2/_5 = {}^3/_8$. Continuando desta maneira, obtemos a série:

$^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, $^8/_{21}$, $^{13}/_{34}$, $^{21}/_{55}$, $^{34}/_{89}$, $^{55}/_{144}$, $^{89}/_{233}$, $^{144}/_{377}$.

De acôrdo com esta série matemática, as fôlhas estão encerradas em espirais no gomo, e assim elas se situam mais tarde no caule. Desfolhando uma rosa teremos de descrever três ciclos e ordenar oito pétalas, de tal modo que a nona pétala se ajuste exatamente acima da primeira. Fórmula da rosa: $^3/_8$. Desfolhemos, à maneira "Bem-me-quer, mal-me-quer", uma flor de camomila; teremos cinco ciclos e 13 pétalas. Fórmula da camomila: $^5/_{13}$ (Fig. 34). A pinha, com 21 escamas em oito ciclos, tem a fórmula $^8/_{21}$ (Fig. 33). Do disco do girassol maduro é preciso tirar 377 sementes, para chegarmos, depois de 144 espirais, ao raio da primeira semente. Diante disto, quem não pensará na escala de Balmer, segundo a qual os eléctrons saltam no átomo? Ou na lei de Titius-Bode, segundo a qual os planêtas se agrupam em tôrno do sol? E, como não havemos de recordar as palavras de Pitágoras? No dizer dêste sábio, tôdas as coisas, no universo, se ordenam como os números, como os tons nos acordes e soam realmente; apenas, os homens não percebem essa música das esferas, porque a ouvem ininterruptamente, desde o primeiro segundo da sua existência.

6) Aparece a inflorescência; a primeira inflorescência é pouco vistosa e incolor: a pinha

A flor moderna, como invenção, não é uma primícia. Os musgos desenvolveram "inflorescência oculta"; e a cavalinha esboçou o princípio da flor (veja Figs. 10 e 23); os fetos e os fetos arborescentes das florestas carboníferas traziam, nos cimos elevados, "flores" da sua espécie. A floração das coníferas foi inventada pela terceira, pela oitava, pela duodécima vez; e, independentemente disso reapareceu, muito mais tarde, nas plantas folíferas da atualidade. São paralelos típicos da multiplicidade das invenções na história da técnica humana. Dez inventores, uns independentemente dos outros, construíram o barco a vapor, bem como o automóvel, outros inventaram o dirigível e a lâmpada elétrica incandescente, antes e no tempo de Zeppelin e de Edison

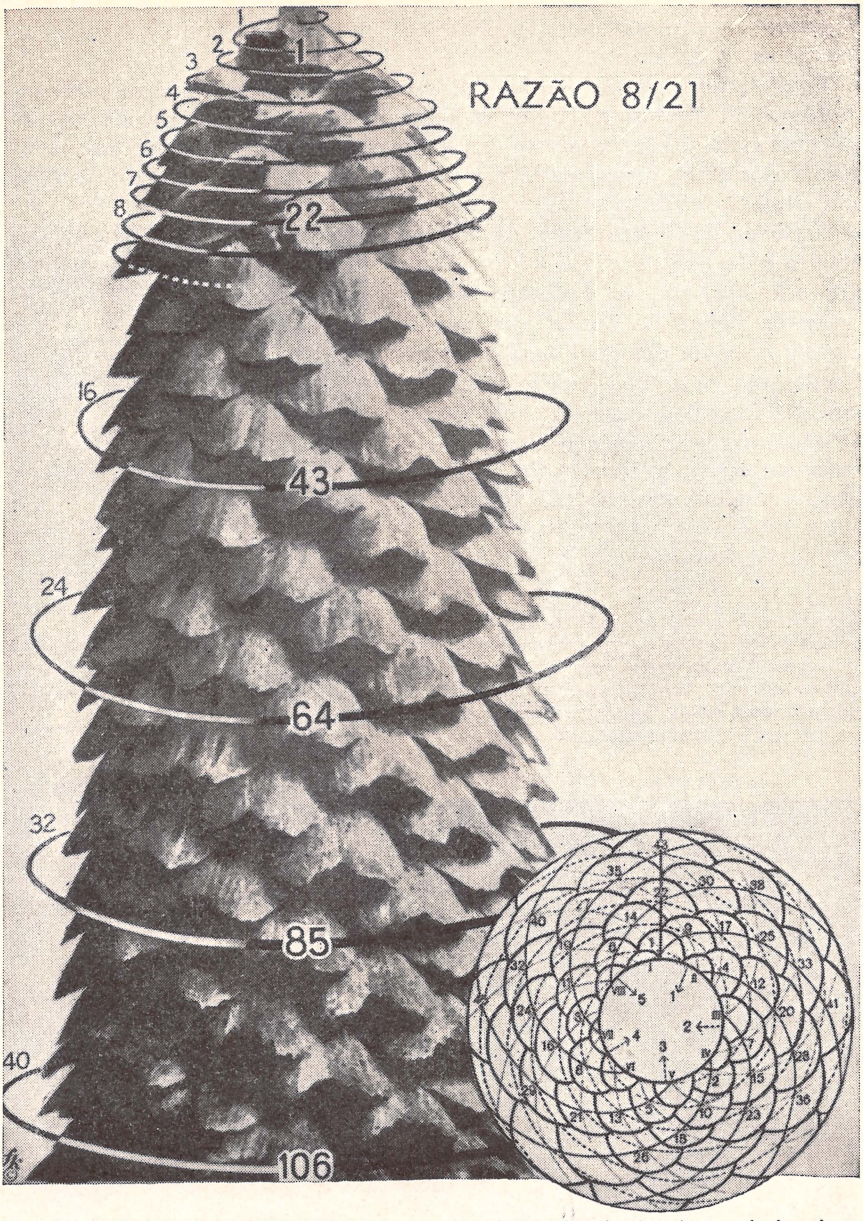


Fig. 33 — A ESPIRAL DAS FÔLHAS, I. Na pinha, depois de oito espirais, vinte e uma escamas completam um ciclo; a vigésima segunda escama está acima da primeira; a quadragésima terceira, acima da vigésima segunda; e assim por diante.

Quando os problemas estão maduros, as soluções chovem, como as maçãs caem da árvore.

Fato digno de nota é que muitas das descobertas fundamentais na botânica se devem a leigos: a fecundação, mediante os insetos, as plantas carnívoras, as leis da hereditariedade. Assim Goethe descobriu que a flor é um grupo de fôlhas modificadas. As flores são fôlhas que, em lugar de fabricarem amido, se incumbem da distribuição, do cruzamento e da propagação dos gens. Dentre êstes, os que se deslocam são os grãos de pólen. Os outros, que aguardam a chegada dos gens para a fecundação, são os óvulos em expectativa, no ovário, no âmago da flor. Como produzem e recebem células sexuais e nelas se opera a concepção, as flores são os órgãos genitais das plantas — uma versão que aborreceu bastante a sociedade burguesa de 1900. A rosa,

Fig. 34 — A ESPIRAL DAS FÔLHAS, II. As fôlhas dispõem-se nas espirais da sua escada de caracol, numa razão determinada. $^{1}/_{3}$: três fôlhas ocupam um ciclo; $^{2}/_{5}$: cinco fôlhas enchem dois ciclos; $^{5}/_{13}$: treze fôlhas enchem cinco ciclos; etc.

com que a donzela se enfeitava para o baile, um órgão genital!... Que escândalo!

O cruzamento do plasma só pode operar-se na umidade. Mas o vegetal abandonou os brejos, está em terra firme, a flor ondula no ar. Que fêz a planta? Construiu para si um laboratório análogo ao dos químicos humanos e — aspecto típico da natureza — os animais também desenvolveram o mesmo aparelhamento, para efetuar uma mistura química.

Proveram-se os três dum tubo de ensaio, em forma de retorta e em cujo líquido se opera a "reação". A flor do vegetal, o aparelho genital feminino do animal e a retorta do químico são, nos traços característicos, instrumental análogo para fazer uma mistura (Fig. 35).

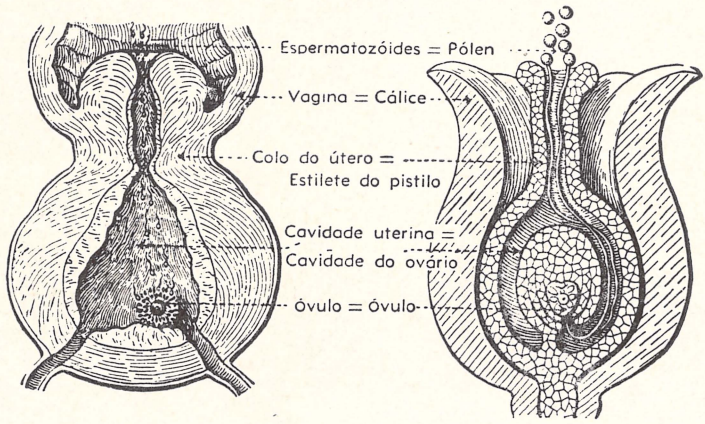


Fig. 35 — PARALELISMOS NA NATUREZA. Em todos os organismos, o aparelho genital feminino coincide nos caracteres fundamentais. Não há dificuldade em comparar o humano (à esquerda) ao duma flor (à direita).

O veículo escolhido pela natureza, para trazer o elemento fecundante é, nos vegetais de terra firme, o vento; em conseqüência, o primeiro modêlo de flor terrestre é a flor anemófila. A flor anemófila não é "bela", como as flores dos vegetais mais recentes. É tão pouco vistosa, que a maioria das pessoas nem repara em que as árvores mais antigas da Terra, as coníferas, têm flores. Na primavera, aparecem nas pontas dos seus brotos pequenos cones dos dois sexos: masculinos que arremessam células sexuais ao vento (Fig. 36 a); femininos, que são dotados de aparelhos para receber as células masculinas errantes (Fig. 36 b). Os cones masculinos constam dum grupo de fôlhas enroladas em tubos onde êles vertem as células masculinas, os grãos de pólen. Todo grão de pólen é um balão, ou seja: um balão de ar quente — o primeiro modêlo de aeróstato da história da aeronáutica. Aparecendo o sol, o ar encerrado em dois bolsos aéreos aquece-se, dilata-se; o balão aumenta de volume, eleva-se, e adeja (1 a 4). Entrando na zona da sombra, o ar nêle contido esfria, contrai-se, torna-se mais pesado, diminui no balão

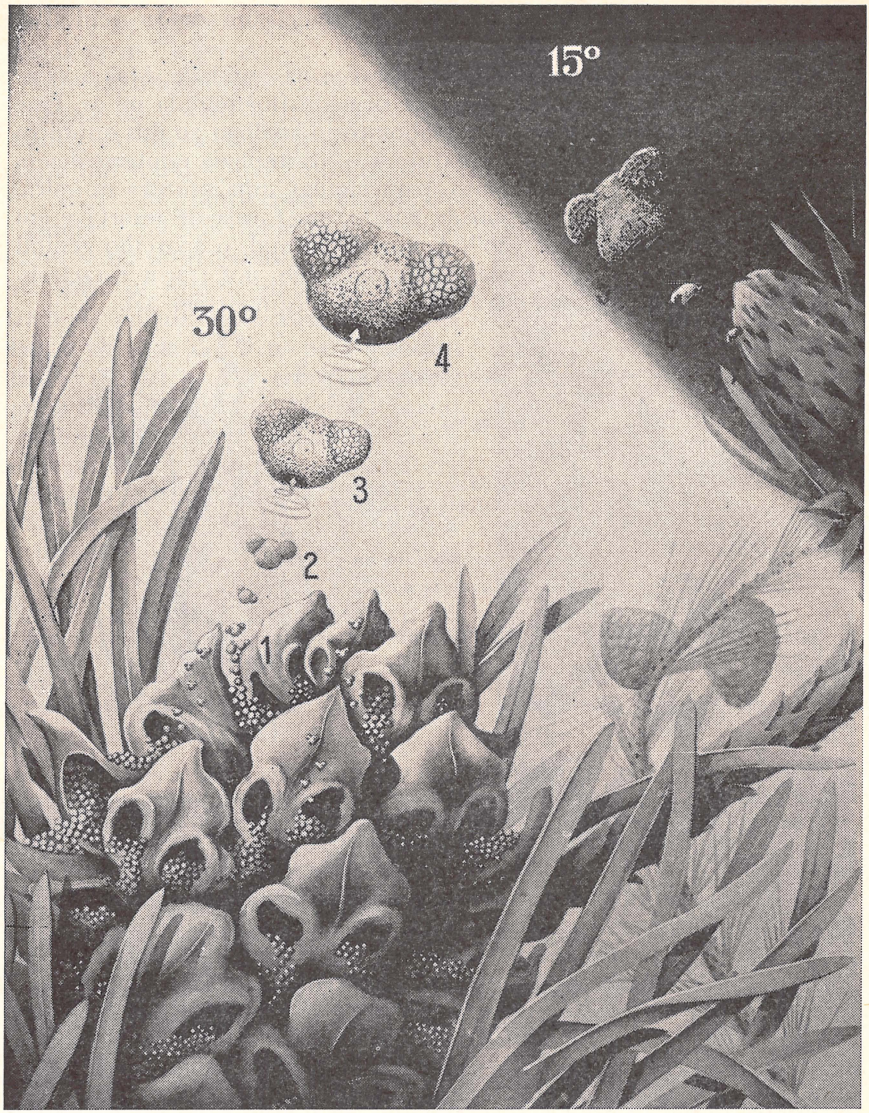


Fig. 36a — A PRIMEIRA INFLORESCÊNCIA DA HISTÓRIA TERRESTRE, I. Cápsulas de pólen elevam-se das coníferas, sustentadas por bôlsas aéreas. Ao calor do dia, o pólen sobe (1 a 4). Ao frio da noite, o pólen torna a cair (5 a 7).

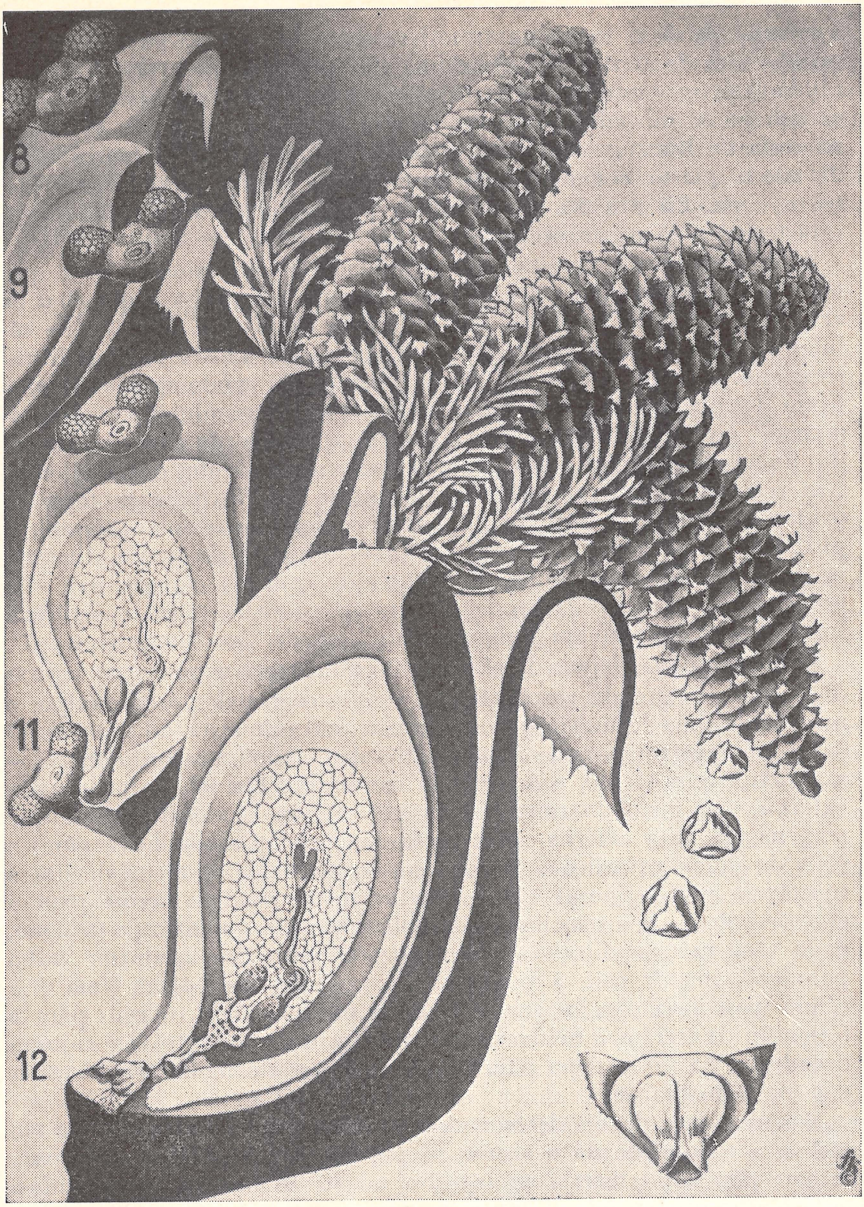


Fig. 36b — A PRIMEIRA INFLORESCÊNCIA DA HISTÓRIA TERRESTRE, II. O balão de pólen cai na fenda duma flor feminina (8 a 11) em que, após a fecundação, se desenvolve um embrião (12). Estando os embriões maduros para a viagem da vida, o cone dobra-se. As escamas abrem-se e os frutos caem das fendas ao chão.

a capacidade de se suster na atmosfera e êle desce. Para cumprir a sua missão, tem de aterrar no seio duma flor feminina (5 a 11). A probabilidade de acontecer isto é naturalmente diminuta; em conseqüência, viajam no ar miríades de balões. Numa primavera propícia às flôres, na costa de Biscaia, o pó verde-amarelo da floresta de pinheiros invadia-nos o quarto, como areia do deserto; era preciso juntá-lo com vassoura e pá. Eis um dos exemplos da prodigalidade irrefletida que é característica da natureza.

A flor feminina é, no estado de virgindade, o cone miúdo e mole que mais tarde, aumentado e lenhoso, se converte em pinha e que deu às árvores o nome de coníferas, portadoras de cones (Fig. 36 a, 7). As células femininas jazem no fundo do carpelo que, nesses vegetais històricamente antigos, ainda são fôlhas abertas, de modo que os óvulos ficam descobertos. Por esta razão, essas árvores denominam-se "gimnospermas", ou de sêmen descoberto, denominação absurda como a maioria dos nomes da botânica, visto que não é sêmen, são óvulos o que ali está. Nos vegetais folíferos de origem ulterior, os carpelos para proteger os óvulos enrolam-se à maneira de cartucho; formam assim o "lápis", o pistilo, que não é um lápis, mas um tubo; um tubo de ensaio, dilatado na base inferior num bulbo denominado "ovário", embora não seja um bulbo e sim um "receptáculo", razão por que todos os vegetais superiores se denominam "angiospermos", ou de "sementes envasadas".

O que acontece depois da chegada do pólen está exposto nas figuras 35 e 36 b, em grande ampliação; aí vemos, com efeito, o protótipo, o modêlo de tôda fecundação nos vegetais, nos animais e no homem. O óvulo em expectativa está na "matriz" — de "matre", vocábulo antigo — a cavidade-receptáculo, o âmbito da concepção. Ela se liga ao mundo exterior, por meio do canal de recepção, cheio de mucilagem e que tem, na abertura externa, uma "gôta-chamariz". Caindo nessa gôta, o grão de pólen primeiro é fixado; em segundo lugar, incha devido à substância mucilaginosa — que provàvelmente contém auxina para o grão de pólen — e, à semelhança do bolbo do jacinto num copo de água, deita uma raiz na direção da umidade. O propulsor, chamado "tubo polínico", impele com a ponta as duas células do pólen. Uma é a célula masculina com os gens do pai; a outra contém os gens para a formação de tecidos nutritivos e do envoltório da semente, que suprem o embrião na sua viagem para a vida, até que êle tenha criado raízes e possa alimentar-se.

Nas coníferas, depois da fecundação, a mucilagem se transforma em resina, a resina que dá o aroma ao pinheiro e ao abeto e serve para fechar, por assim dizer com lacre, a matriz fecundada, protegendo-a contra o mundo exterior. Sob cada escama do cone, jaz um óvulo em expectativa; ainda que de cinco óvulos só um seja fecundado, o cone lacrado com resina converte-se num viveiro onde várias dezenas de embriões vão crescendo ao encontro da vida. As coníferas derivam de tempos primitivos, menos temperamentais do que o nosso quaternário. Um ou vários anos decorrem, antes que o embrião esteja bastante

desenvolvido e o seu envoltório suficientemente lenhoso, para que a matriz solte no mundo o filho protegido e bem nutrido: o fruto.

Antes da fecundação, os cones estão em posição vertical e o seu regaço, como o de Danae, está aberto para receber a chuva de ouro que lhes vem do céu. Enquanto os embriões se desenvolvem nêle, o cone dobra-se para a terra e pende, como pinha, do abeto e do pinheiro. Chegada a época de dar à luz, as escamas abrem-se os frutos chovem no chão. "Sêde fecundos e multiplicai-vos".

7) A pinha amolece e balança-se como borla ao vento

Imaginemos que uma pinha amoleça à nossa vista. Que acontece? As escamas tornam pétalas macias, o cone, privado da sua rigidez, dobra-se e pende como uma borla. Esta balança ao vento e, entre as pétalas, escorre o pólen. A pinha converte-se em flor anemófila (Fig. 43 a). Na história, naturalmente, não foi assim, porque a borla de flores duma bétula nunca foi uma pinha; todavia, mais digna de nota do que a semelhança entre parentes é a parecença entre estranhos. Um paralelimo é, no mínimo, tão interessante como uma relação de avô e neto.

A flor anemófila é a inflorescência mais antiga, entre as plantas de folhagem caduca. Pobre de colorido, porque as côres só apareceram quando os vegetais começaram a atrair insetos. As anemófilas precisam de vento; em conseqüência, só se desenvolveram em plantas que se elevam muito acima do solo: árvores como o álamo, o salgueiro, a bétula, que pertencem històricamente ao grupo mais antigo das árvores folíferas; ou plantas como o milho e os antepassados dos nossos cereais. Também pode ter ocorrido o inverso: isto é, que a flor anemófila tenha induzido a planta que a suporta a crescer em altura. Na natureza e na vida humana, discernir causa e efeito é muito mais difícil do que julga, tão afoito e precipitado, o homem comum. Na maior parte das vêzes, causa e efeito estão recìprocamente ligados: a causa produz a conseqüência e a conseqüência age de novo como causa. A inflamação das vias respiratórias provoca a tosse; a tosse irrita as vias respiratórias e piora a inflamação.

Na figura 37, vemos em função a anemófila dum côlmo de gramínea. Três pétalas enroladas em fios, os "estames", estão encerradas num estôjo originado igualmente de fôlhas transformadas, composto de seis lâminas coladas. O orvalho dissolve a cola e, pelas seis horas e vinte, o estôjo abre-se. Os fios torcidos saem prontamente pela abertura, sugam a cola e triplicam o seu comprimento, no espaço dum quarto de hora. Pelas sete e vinte, os bilros balançam-se à brisa matinal e vertem das suas cápsulas de pólen, as células masculinas. Descarregando o sêmen, a flor perde a fôrça masculina e os portadores do sêmen retraem-se. Agita-se então, libertado evidentemente da substância inibidora, o óvulo, deitado no fundo da flor. Vinte minutos depois — acompanhe-se agora a segunda fila onde a flor, pelas cinco e quarenta, derrama o seu sêmen — o órgão genital feminino adianta-se; os receptáculos aparecem acima

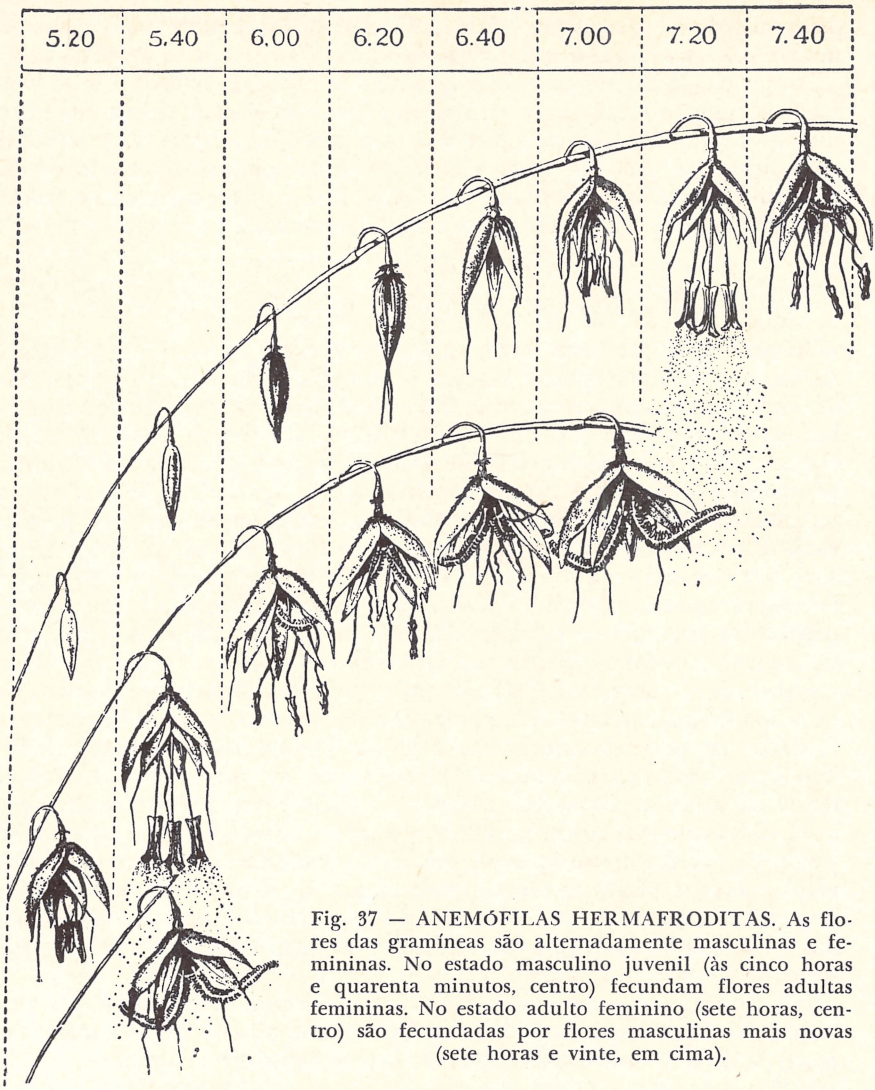


Fig. 37 — ANEMÓFILAS HERMAFRODITAS. As flores das gramíneas são alternadamente masculinas e femininas. No estado masculino juvenil (às cinco horas e quarenta minutos, centro) fecundam flores adultas femininas. No estado adulto feminino (sete horas, centro) são fecundadas por flores masculinas mais novas (sete horas e vinte, em cima).

da orla da flor, como escôvas cilíndricas, e aparam o pólen, que por êsse tempo é espalhado por outras flores masculinas.

Assim se alternam os sexos nas várias flores, adiantando-se primeiro as anteras masculinas e depois os receptáculos femininos. Na sua primeira fase, a masculina, elas fecundam os órgãos femininos; depois assumem essa forma e deixam-se fecundar por outras flores "masculinas". Na segunda fila, a flor espalha às cinco e quarenta o seu sêmen como órgão masculino; pelas sete horas é feminina e fecundada pelas flores masculinas que adejam acima dela. Essa mudança passageira de sexo

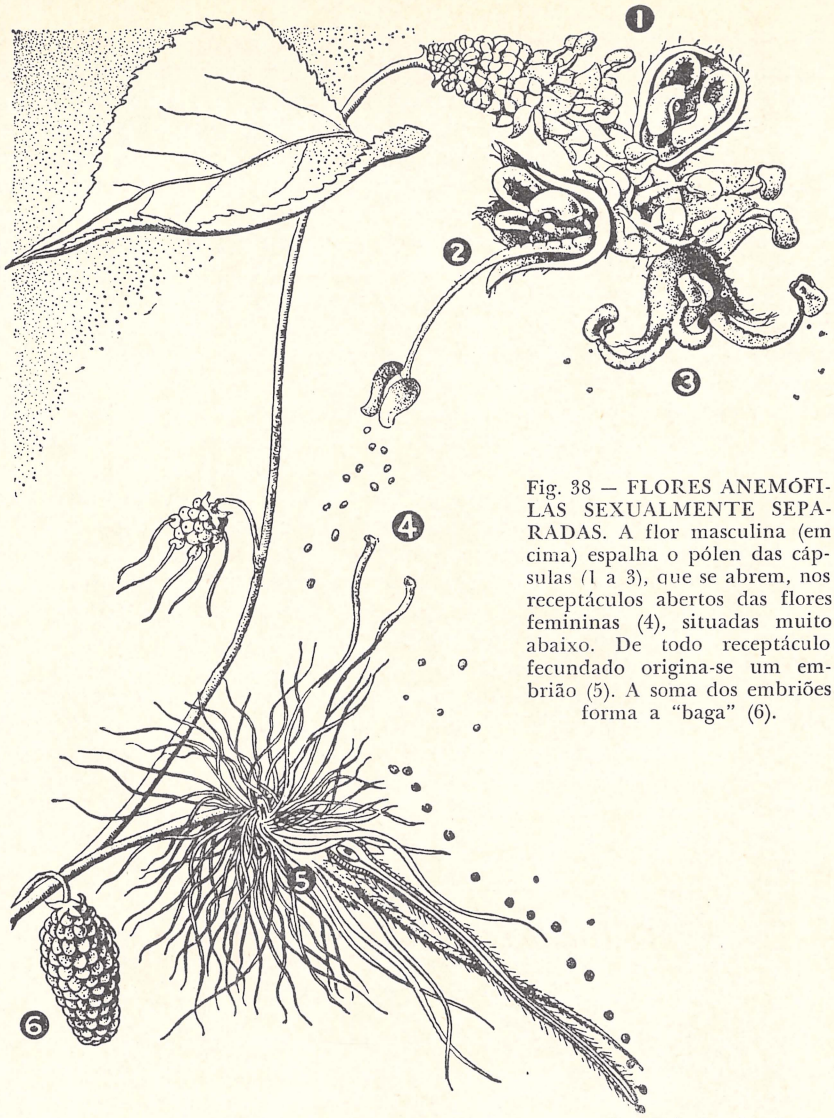


Fig. 38 — FLORES ANEMÓFILAS SEXUALMENTE SEPARADAS. A flor masculina (em cima) espalha o pólen das cápsulas (1 a 3), que se abrem, nos receptáculos abertos das flores femininas (4), situadas muito abaixo. De todo receptáculo fecundado origina-se um embrião (5). A soma dos embriões forma a "baga" (6).

impede, na flor, a autofecundação. Efetivamente a finalidade da fecundação é o cruzamento dos plasmas de vegetais diferentes.

Outras plantas produzem simultâneamente flores masculinas e femininas. Se observarmos o milho, veremos no ápice do caule as flores masculinas balançando-se como um carrilhão; as suas campânulas espalham pólen, o seu toque é fecundidade. Abaixo dêle, no caule, vê-se o ramalhete de flores femininas de que se forma a espiga. É a disposição típica das flores, quando as masculinas estão separadas das femininas. A figura 38 mostra-nos um exemplo particularmente belo: a flor da

amoreira. Ampliando vinte vêzes a flor masculina, obtemos uma verdadeira obra-prima da arte aplicada que lembra as caixinhas decorativas do século XVIII. Uma série de botões sai, um após outro, do caule. Os da frente desabrocham e "florescem"; os da retaguarda empurram os mais velhos, tomam-lhes cada vez mais o alimento fornecido pelo caule. Em conseqüência êstes secam e se transformam em caixinhas rígidas que rebentam sob a pressão das cápsulas de pólen encerradas nelas. Abaixo de 1, vemos as cápsulas de pólen ainda enroladas, premendo como molas a parede da caixinha. Em 2, a parede cedeu e a primeira das quatro cápsulas escapa-se como o macaquinho duma caixinha de surprêsas. As outras a seguem mais tarde (3). O pólen despenha-se no espaço e vai cair parcialmente no ramalhete de flores femininas (4). Os pêlos do receptáculo, que pendem como penachos da espiga de milho verde, não são pêlos, mas tubos cheios de mucilagem. O grão de pólen que fica pendurado na embocadura do tubo, impele na mucilagem os núcleos de células com os gens (5). Na extremidade interna de cada tubo, há um óvulo; dêle se desenvolve, após a união dos dois núcleos de células em embrião; todo embrião cerca-se de polpa e de casca e torna-se "fruto de caroço," de estrutura igual à da cereja. Na amoreira, na espiga de milho, no morango, numerosos frutinhos estão unidos em mosaico. Cada pérola é um fruto; e o fruto, uma colônia (6). O caroço, que nós, os homens, consideramos desnecessário e até incômodo, é o essencial; são os embriões. A polpa lustrosa, aromática, sumarenta, doce e nutritiva — que coleção de predicados lisonjeiros! — atrai o animal, induzindo-o a apanhar e comer o fruto. A planta sacrifica a polpa, como o caçador o chamariz. O caroço, algumas horas depois é depositado, com os excrementos — que lhe servirão de adubo, em um lugar distante. Que cerimônia complicada tem de se desenrolar, para assegurar à planta a conservação e a propagação da espécie!

8) O pólen detesta a umidade; isto não impede que a natureza travêssa faça brotar do fundo da água plantas de pólen

Os grãos de pólen devem ser protegidos contra a umidade; primeiro, para terem leveza necessária para voar; segundamente, porque têm de aderir à abertura pegajosa do receptáculo feminino. Em conseqüência, a planta procura resguardar os seus grãos de pólen da umidade e nisso revela um talento inventivo inesgotável, um gôsto malicioso pelas soluções extravagantes (Figs. 39 e 40). À tarde, quando o ar se torna úmido, as flores curvam a corola (I) ou levantam acima dos grãos de pólen um tôldo (2). Outras criam uma tampa que se abre ou fecha, conforme o grau de umidade (3). O n.º 4 apresenta uma solução requintada do problema: a flor é um cálice, com uma abertura estreita; mais abaixo, há um tufo de pêlos oleosos; o orvalho ou a chuva juntam-se nêles, numa grossa gôta, e esta fecha a abertura

Fig. 39 — COMO A FLOR DEFENDE O SEU PÓLEN DA UMIDADE, I. Sob a chuva, dobra a corola (1). Cria uma calha sôbre as anteras (2). Fecha a janela com gelosias (3). Retém a chuva com cerdas oleosas (4).

Fig. 40 — COMO A FLOR DEFENDE O SEU PÓLEN DA UMIDADE, II. (5) O tôldo enrola-se. (6) O guarda-sol fecha-se.

como uma rôlha de cristal. As gotas seguintes deslizam nessa esfera de cristal. Quando há umidade, muitas flores enrolam as fôlhas em cartucho (5); e o cardo fecha-se como um guarda-sol (6). Logo, a natureza inventou, antes do homem, a aba de chapéu, o guarda-sol, a gelosia, rôlhas de cristal e cartuchos. E, como se quisesse mostrar que é capaz do próprio impossível, aí estão as muitas plantas que brotam do fundo das águas e conseguem reproduzir-se por meio do pólen. A figura 41 mostra uma planta aquática. O botão masculino (1) produz as cápsulas de pólen, sob forma de esferas impermeáveis. Da haste, enche de azôto e ácido carbônico êsses balões que se elevam (2). Se à tona da água houver sol, os gases dilatam-se e o balão rebenta (3). As paredes curvam-se num ângulo de quase 180º (4) e erguem acima do espelho das águas as cápsulas de pólen amadurecidas no balão (5). Os barquinhos de pólen navegam e vão ocasionalmente dar às flores femininas, que também nasceram debaixo da água (6) e levantam o penacho tão acima da orla da flor aberta, que podem captar o pólen dos barquinhos (7). Fecundada, a flor feminina fecha-se (8) e recolhe-se ao fundo (9) onde o embrião se desenvolve e deita raízes (10). Se alguém perguntar por que tudo isto, responda-se-lhe com outra pergunta: o clown aparece em cena numa bicicleta; durante a corrida desparafusa a roda dianteira, continuando a correr com a de trás; depois pula com esta na mesa posta, faz evoluções entre a louça e os cristais, sem virar nada; de repente, solta um grito, como se tivesse cometido um êrro, desliza no seu monociclo, do canto da mesa para a orquestra, e vai diretamente acabar em cima do bombo — por que tudo isto? Para que as mulheres gritem de emoção, os homens admirem essa habilidade técnica e as crianças sonhem de noite com essas acrobacias. Eis o grande porquê da vida.

9) Polinização: chuva de pólen. Milhares de milhões de toneladas por ano

O grão de pólen deve preencher duas funções contraditórias: tem de voar, isto é, de ser leve; mas, ao mesmo tempo, tem de ser capaz de resistir à sêca, à umidade, aos ácidos do solo, e protegido contra a luz que prejudica os gens. A planta vê-se perante o mesmo problema que o homem, no fabrico da bola de futebol; ela também tem de ser leve para voar; mas bastante sólida para agüentar milhares de vêzes o pontapé dos jogadores, sem sofrer danos. Os mesmos problemas resolvem-se de maneira idêntica. O invólucro do pólen consiste, como a bola de futebol, numa delgada membrana interior e num envoltório sólido.

Como a capa do pneu, o invólucro do pólen tem um relêvo entre cujos filêtes a parede pode ser muito delgada, para que o embrião em desenvolvimento não tenha de romper o envoltório espêsso, e sim apenas êsses painéis frágeis. Que solução admirável! (Fig. 42).

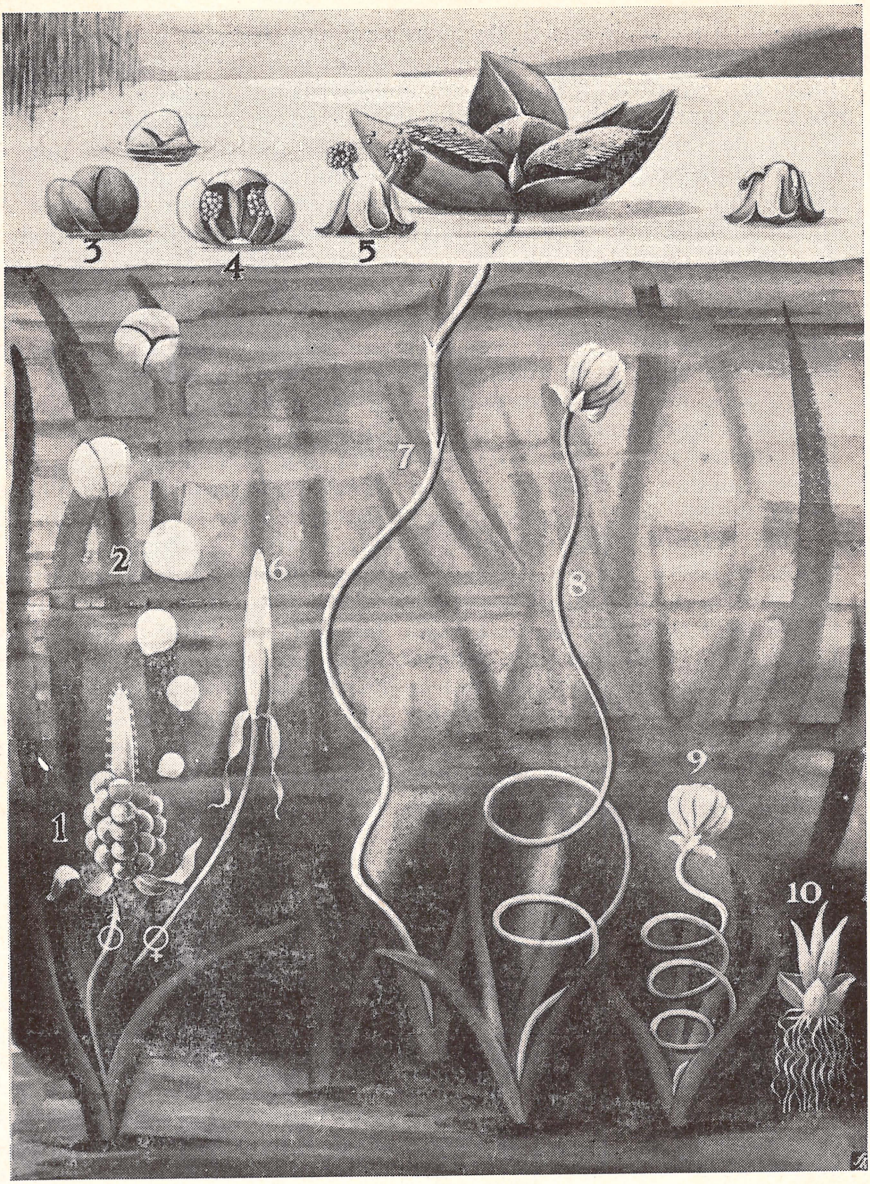


Fig. 41 — FECUNDAÇÃO DE UMA PLANTA AQUÁTICA. Como uma planta aquática efetua a fecundação sem que o seu pólen seja prejudicado pela umidade. (Explicação no texto).

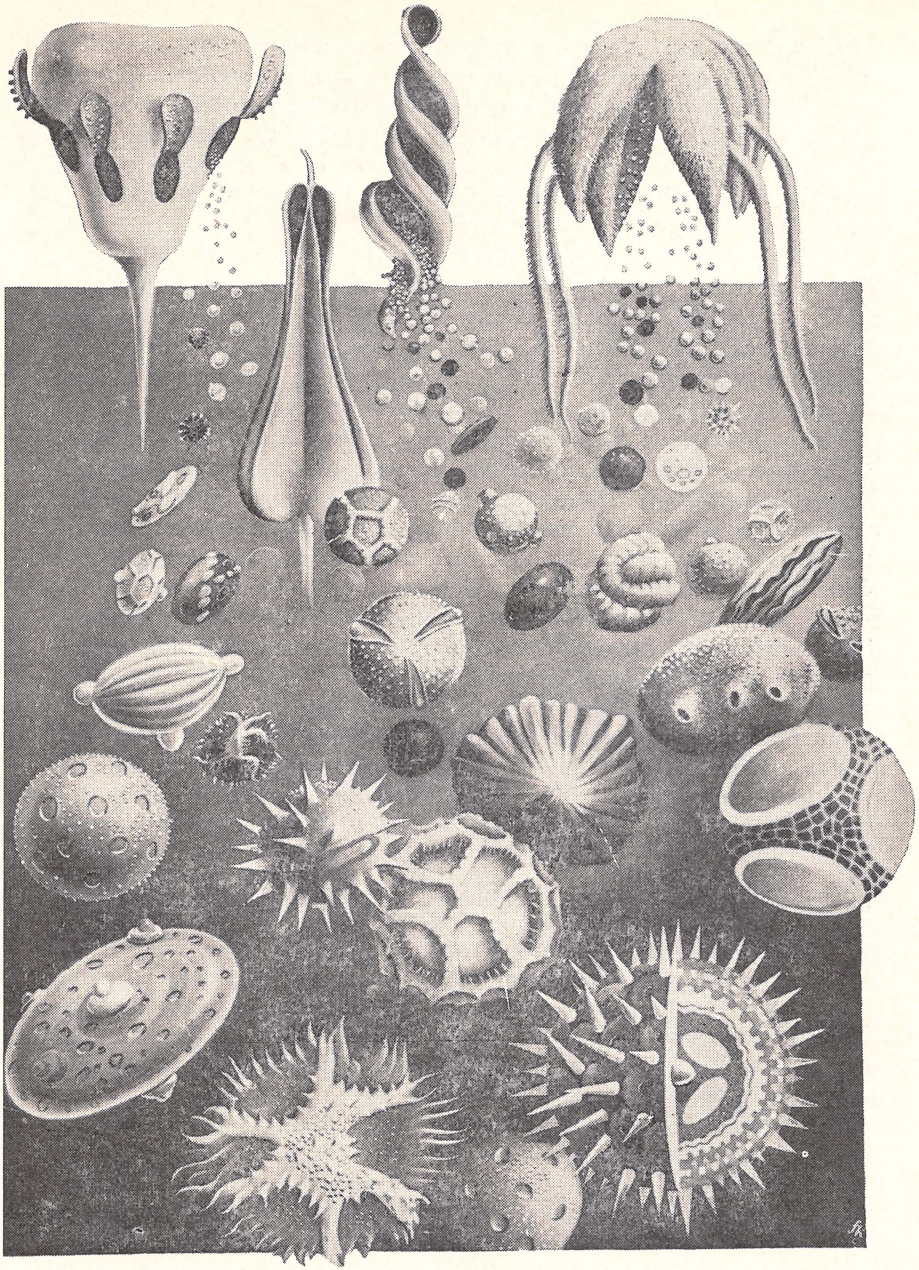


Fig. 42 — PÓLEN. Das muitas dezenas de modelos de cápsulas de pólen (em cima) chovem quantidades incalculáveis de pólen.

Assim como nos pneus, no grão de pólen a disposição dos filêtes e dos painéis é característica; e, nas marcas do grão de pólen, é possível ler, à distância de milênios, que houve magnólias no Spitzbergen e palmeiras de Honduras, nas planícies do Idaho. Os grãos de pólen tornaram-se, para os botânicos, o que são os cacos de barro para os arqueólogos; e dêles se originou uma ciência peculiar: a análise do pólen. (Volume I).

Como na maior parte das vêzes, também na criação do grão de pólen a natureza entrelaçou, por assim dizer brincando, a técnica e a arte. As cápsulas de pólen donde êles caem (Fig. 42, em cima) lembram saleiros, latas de chá, caixinhas de rapé, minúsculos cofres duma coleção de artes aplicadas. Alguém devia tomar a seu crédito o merecimento de compilar um atlas das cápsulas de pólen.

Sendo diminuta a probabilidade dum dêsses balões microscópicos, depois duma viagem na atmosfera, aterrar justamente na gôta glutinosa duma fêlpa de flor, quantidades incalculáveis de pólen são arremessadas aos ventos. Há exemplo do pólen dos pinheirais entrando num quarto, como areia do deserto. Na época da floração, qualquer pé de milho espalha cinqüenta milhões de grãos de pólen. E, num campo, podem medrar trinta mil pés. A erva-de-são-tiago, que os inglêses denominam "ragweed", tem sido estudada com particular atenção, porque o seu pólen provoca a febre do feno, largamente espalhada na população da América do Norte. Calculou-se que só o "ragweed" derrama anualmente, em cada milha quadrada de Nova York, cinqüenta quilos de pólen; mas, em St. Louis, no interior do país, cai uma quantidade cinco vêzes maior. Avalia-se aproximadamente num milhão de toneladas a massa total de pólen, disseminada anualmente na América do Norte, só por essa planta. Daí podemos imaginar quanto pólen arremessam no ar, no espaço dum ano, todos os vegetais do globo. Com o pó do pólen, transformado em cimento, poderia o homem construir suas estradas, casas e pontes. Reparemos: talvez seja inverno e lá fora esteja nevando. Mas pode ser verão e estará nevando igualmente. Apenas, é uma neve que não aparece. No céu azul dos dias de primavera e de estio, adeja o pólen. Não podes sair nem sentar-te um instante ao ar livre, sem que te polvilhe os cabelos e os ombros a neve microscópica do pólen.

Capítulo V

VEGETAL E INSETO

1) Aparecem os insetos; furtando pólen, tornam-se intermediários da fecundação

Um dia, apareceram na terra os insetos. Na história da natureza, "um dia" significa: no espaço de cem milhões de anos. Os insetos apareceram; a princípio, pesadões, depois mais ágeis; primeiro tímidos, em seguida afoitos; antes, apenas rastejando; mais tarde, trepando; finalmente alçando-se em vôo. Exemplares gigantescos já zumbiam, nas florestas carboníferas. Como todo animal, procuravam alimento, o que e onde achassem para comer. Os grãos de pólen são nutritivos, pois encerram os materiais da construção para as novas gerações. Naturalmente, os insetos se inteiraram disto e começaram a apascentar-se de pólen, levaram os grãos e tornaram-se assim transmissores de pólen e intermediários da fecundação.

Com um atraso singular, só em fins do século XVIII se descobriu a fecundação dos vegetais, por intermédio dos insetos; e, pròpriamente, o autor da descoberta foi um leigo, o diretor de escola, Sprengel de Spandau, nos arredores de Berlim. Sprengel empregava o seu único dia de folga, o domingo, passeando nos campos. Descobrindo a fecundação das flores, por obra dos insetos, compôs uma obra maravilhosa e ainda hoje fundamental: "Revelado o segrêdo da natureza, na estrutura e na fecundação das flores", publicada em 1793.

O mundo profissional não gostava de obras de leigos, especialmente quando elas continham teorias ainda não apresentadas da cátedra, aos estudantes devotos, como "valor seguro da pesquisa exata." O livro teve, portanto, má crítica; e a casa editôra de fama internacional, que hoje se orgulha da primeira edição da obra de Sprengel, negou até ao autor os exemplares que lhe cabiam. As opiniões desfavoráveis e a fúria do editor não eram, porém, senão o prenúncio de castigos piores. Tomando conhecimento, através de críticas, de que, aos domingos, o senhor diretor de escola, em vez de ir à igreja da cidade, passeava na natureza de Deus e colhia cá e lá teorias como as que expusera no seu livro abominável, as autoridades demitiram Sprengel, por "negligência dos seus deveres dominicais"; a partir daí, o diretor de escola teve de ganhar penosamente a vida com lições particulares. Tal foi a reação dum mundo contemporâneo constituído de pequena burguesia, a uma das mais belas descobertas da história das ciências.

Muito mais tarde, quando no exame de literatura topou com a obra de Sprengel, Darwin mostrou-se literalmente encantado. Outro caso típico do perseguido na vida e admirado na morte; e o diretor de escola, demitido por "negligência dos deveres dominicais" tornou-se "uma glória da cidade natal".

2) A flor facilita ao inseto o furto, invertendo-se e convertendo-se num prato cheio de pólen

Se devêssemos explicar como se estabeleceu a relação entre o vegetal e o inseto, estaríamos perante um problema sem esperança de solução. Nada poderíamos fazer, salvo descrever o fato, como êle se apresenta ao cérebro humano e, pròpriamente, à mentalidade do homem do nosso tempo. Como a própria linguagem erudita não nos traria nenhum esclarecimento, comecemos sem cerimônia, como se contássemos uma fábula.

Às plantas visitadas pelos insetos, não escapou que os ladrões de pólen eram mensageiros do amor mais dignos de confiança do que o vento; em vez de se defenderem, facilitaram-lhe a guloseima. Inverteram o cálice, e a borla pendente converteu-se no prato magnífico onde a flor serve ao inseto o seu pólen. As flores de pólen são fáceis de distinguir: assemelham-se a pratos em que a planta expõe à vista a massa considerável de pólen; entre as anteras, está o receptáculo viscoso. Roçando nêle, o inseto voraz, carregado casualmente de grãos de pólen doutra flor, torna-se intermediário da fecundação. As flores de cerejeira e de macieira, a papoula, a anêmona, a rosa silvestre, são flores de pólen (Fig. 43 b).

Para informar os insetos de que os aguarda a mesa posta, a flor pinta-se e perfuma-se. Côr e aroma são o cartaz: "Está servido".

3) A flor oferece ao inseto, em vez do pólen precioso, água açucarada mais barata; é, neste caso, flor de néctar

O pólen é progênie; entregar pólen ao inseto é sacrificar descendentes. A história das plantas desenrola-se como a dos homens. A princípio, os homens sacrificavam aos deuses os filhos prediletos: os primogênitos. Tornando-se os mortais mais perspicazes, os deuses tiveram de reduzir as exigências. O homem passou a sacrificar-lhes apenas a descendência não desejada, arremessando às fauces ardentes de Baal o excedente da prole. Depois ofertou-lhes os inimigos cativos; mais tarde, reservou-lhes apenas a "banha dos carneiros". Finalmente limita-se a louvar a bondade do Criador, com um cálice de vinho na mão — e o vinho é o homem que o toma. As plantas também, tornando-se mais avisadas, perceberam que poderiam satisfazer o inseto com menos despesa; em lugar da prole valiosa, ofereceram-lhe um sucedâneo barato: água açucarada, na proporção de vinte e cinco por cento. E, tal qual as limonadas ruins, essa beberagem também recebeu um nome olímpico: néctar.

Para conseguir que o inseto guloso só absorvesse néctar, mas levasse pólen, a planta modificou radicalmente a flor, originou-se assim a flor de néctar. Flor anemófila, flor de pólen, flor de néctar são as três formas de flor, na ordem em que se nos deparam na história do reino vegetal.

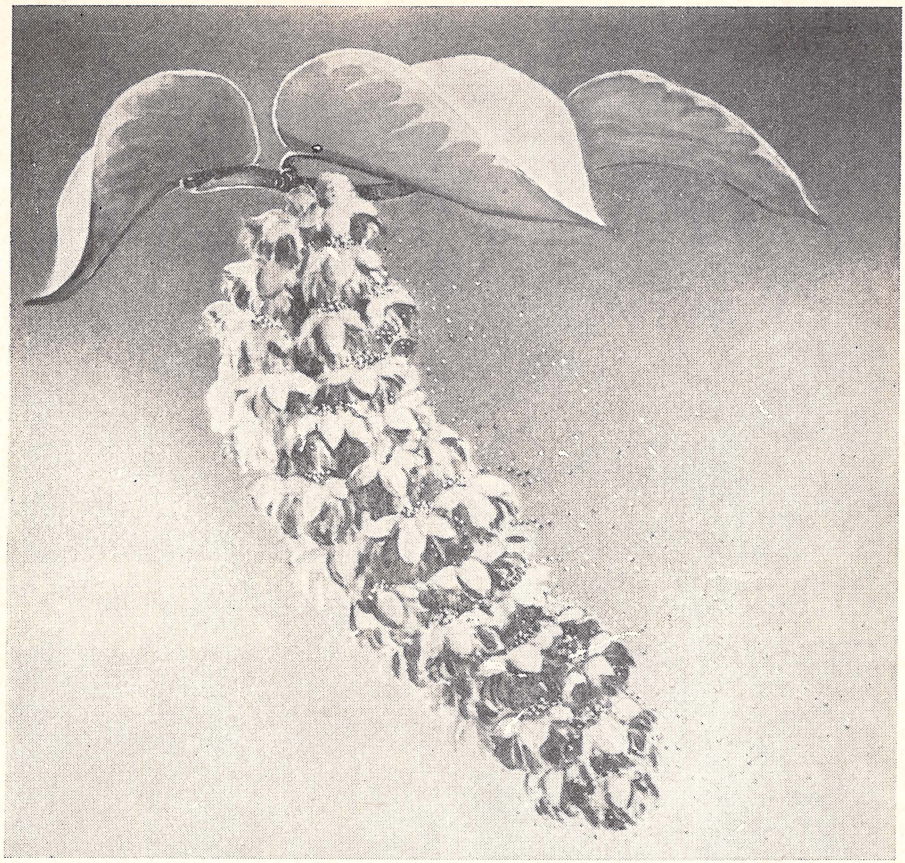


Fig. 43a — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DA FLOR, I. *A flor anemófila* sacode as suas borlas, suspensas no alto, e espalha pólen no ar (sem a cooperação dos insetos).

A flor anemófila é uma borla pendente (Fig. 43 a); a flor de pólen é um prato levantado (Fig. 43 b); a flor de néctar é um recipiente de limonada, de construção engenhosa (Fig. 43 c). Engenhosa, porque, para engazopar o inseto, põe em cena um ardil chapado. Ao contrário da flor de pólen aberta, a flor de néctar apresenta-se encapsulada; aquela é um prato; esta, uma sopeira coberta, na qual o inseto só pode entrar pela fresta da colher. O néctar fica tão escondido, que o inseto é forçado a passar, quer pelas anteras masculinas, quer pelo receptáculo feminino. A flor de néctar da figura 44 é um modêlo simples e aberto, do gênero da tulipa.

Como na nossa técnica mecânica, derivaram dêsse tipo numerosas variedades, com todos os aperfeiçoamentos e especializações imagináveis, tanto que um atlas dos tipos de flor — que também ainda não foi

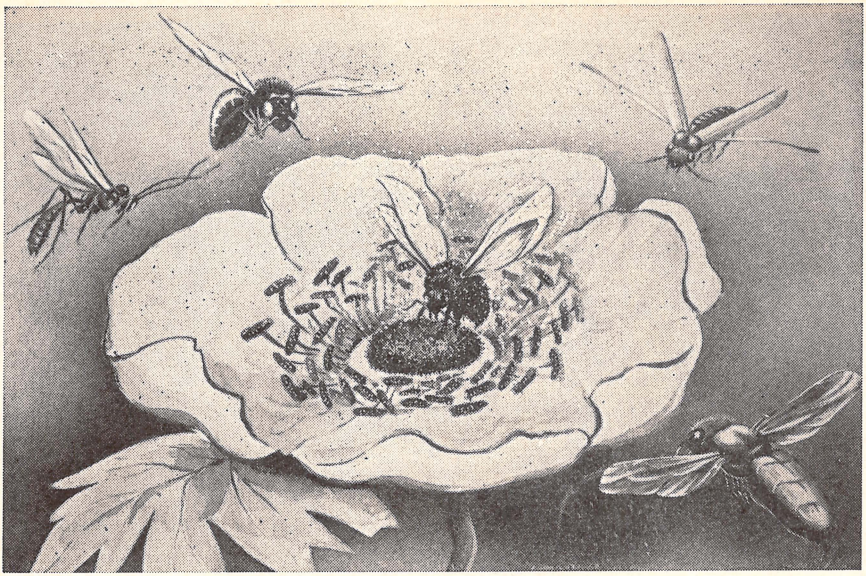


Fig. 43b — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DA FLOR, II. *A flor de pólen* (Flor e Inseto, I) oferece ao inseto, em taças abertas, pólen para comer e levar.

Fig. 43c — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DA FLOR, III. *A flor de néctar* (Flor e Inseto, II) oferece ao inseto, em vez do precioso pólen, calda doce e perfumada. À esquerda, a flor em disposição masculina: as anteras no alto, o "pistilo" receptor, em baixo. A abelha polvilha-se de pólen. À direita, a flor na disposição feminina: o pistilo, em posição mais elevada; a abelha, que vier carregada de pólen, descarrega-o no pistilo.

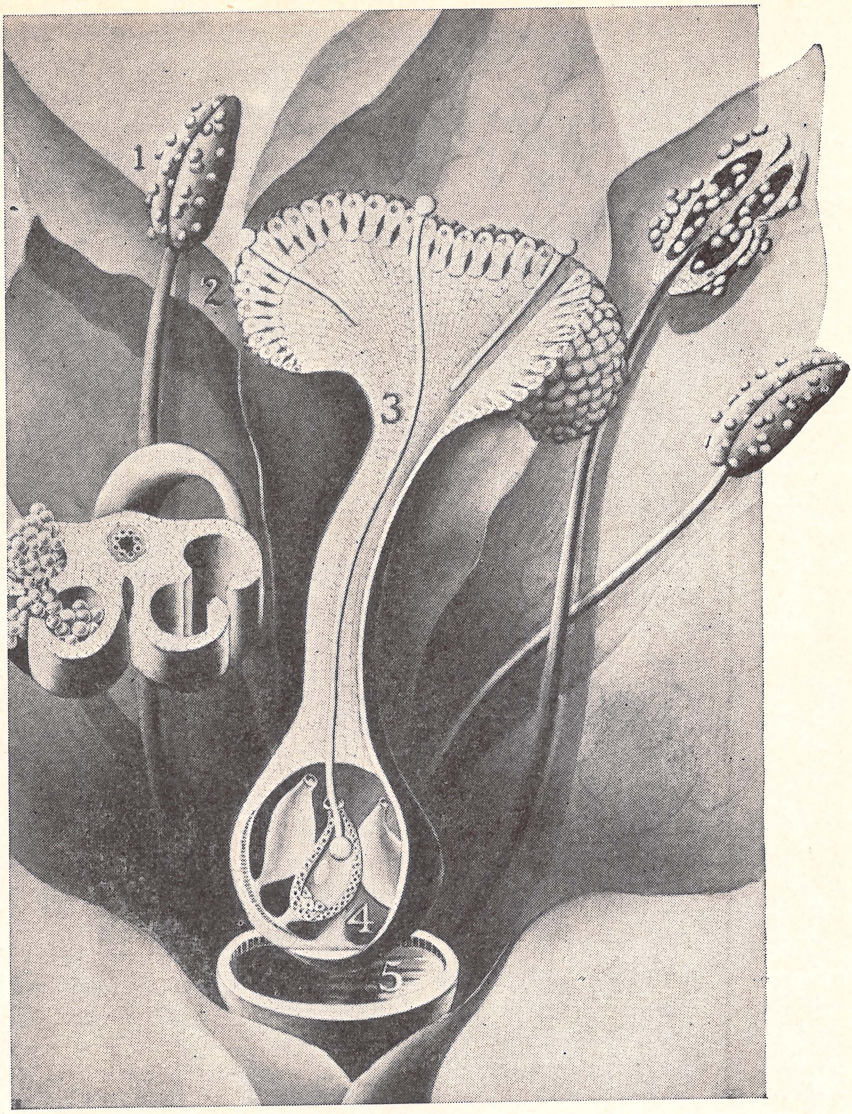


Fig. 44 — ESTRUTURA INTERNA DUMA FLOR DE NÉCTAR. 1) A antera; 2) O pistilo viscoso onde o pólen se deposita e germina; 3) O tubo estendido do pólen ao ovário, para mandar os germes (4) (cromossomos) ao óvulo. 5) O néctar que atrai o inseto.

publicado — seria para qualquer técnico um verdadeiro prazer dos olhos e uma alegria do coração. Expliquemos, antes de tudo, que problema se oferece aqui para resolver: O inseto deve ser atraído pelo colorido deslumbrante, pelo cheiro capitoso da flor, onde saciará a gulodice. Dentro dela está o pólen livremente exposto, mas o visitante não o deve consumir; tem de se contentar com um sucedâneo mais barato. A caminho dêsse sucedâneo cumpre-lhe descarregar no receptáculo o pólen que traz de uma flor estranha. Deve levar desta última, involuntàriamente, sem o comer, é claro, o pólen por ela preparado. Êste pólen terá de ocupar, no corpo do inseto, o mesmo lugar em que veio o da outra flor; êsse transporte estereotipado do pólen, de flor em flor, é com efeito a finalidade de tôda a trama. Chegando à flor mais vizinha, o inseto largará no receptáculo o pólen que traz, antes de apanhar outra carga do pólen local... Que trabalho!

Imagine-se essa tarefa nas condições humanas. Uma pessoa é atraída a um quiosque, em cujo primeiro plano há uma caixa de pó-de-arroz aberta, e, no fundo, um copo de limonada. Entre a caixa e o copo, suspensa na parede, uma escôva. O visitante dirige-se à limonada. De passagem, tem que deixar na escôva o pó que traz nos cabelos, sem o saber. Feito isto, bebe e apresta-se a sair. Na volta, porém, deve apanhar com o topête, que acaba de "escovar", outra dose do pó da caixa e, com essa "carga", seguir para o quiosque vizinho... Para quem tal fato era desconhecido, é coisa tão fantástica em verdade, que quase nos induz a perdoar os contemporâneos de Sprengel...

4) A flor faz seleção dos insetos

A primeira tarefa imposta à flor pela prática do seu ardil é a escolha acertada dos visitantes. Não custa imaginar que o mecanismo feito para servir a um abelhão não pode ser pôsto em ação por uma maripôsa; e, vice-versa. Na figura 45 vemos uma flor para abelhas, uma para abelhões e outra para maripôsas. O néctar da flor que aparece na parte inferior da gravura serve para a tromba curta da abelha; o da flor de cima para a tromba comprida da maripôsa. Nos trópicos há maripôsas com trombas de vinte e cinco centímetros de comprimento e flôres com dimensões correspondentes. Introduzido na Austrália, o trevo vermelho deu-se bem; apesar disto, não se reproduzia. Foi necessário importar o abelhão apropriado ao "mecanismo" do néctar de sua floração. Há flores que adejam tão livres e cujo néctar está escondido no fundo de recipientes tão longos, que só os colibris — aptos, como o helicóptero, a pairarem no mesmo lugar, — podem atingi-lo: "Só para Colibris" (Fig. 46). Entretanto, ao mesmo tempo que paira sôbre a embocadura da corola, o beija-flor é polvilhado pelas borlas do pólen.

Fig. 45 — FLOR E INSETO, IV: A FLOR SELECIONA OS CONVIDADOS. Numerosas flores fazem seleção dos convidados. As flores curtas e delicadas são acessíveis só às abelhas pequenas (1); flores de néctar escondido profundamente especializaram-se em visitas de abelhões (2); as corolas que não oferecem pontos de apoio podem ser sugadas exclusivamente por trombas compridas (3).

Fig. 46 — A FLOR PARA COLIBRI. As flores tropicais obrigam o colibri a adejar sôbre as corolas suspensas e a empoar-se de pólen, ao contato das borlas das anteras. (Duma antiga obra francesa).

Dessa maneira, a maioria das flores está aparelhada para visitantes de certa estatura; em conseqüência disto, desenvolveram-se verdadeiras simbioses entre determinadas plantas e determinados insetos. A bôca-de-leão da figura 39 (2) é fechada por um alçapão tão pesado que só abelhões possantes conseguem erguê-lo. Sòmente insetos especialmente hábeis, como as abelhas, podem escalar as campainhas de fúcsia (Fig. 58). Só um visitante robusto, inteligente, perseverante como a abelha, irá penetrar tão fundo numa flor-de-salva e premer com tanta fôrça a cabeça contra a tecla de "máquina de escrever" do estame, para que êste lhe imprima no dorso, em letras amarelas de pólen, o carimbo: "Visitou a salva"... (Fig. 47).

Como no mundo dos homens, há naturalmente indivíduos e até grupos que não se atêm à ordem da natureza. Muitos insetos são — cada um de nós sabe por desagradável experiência — tão inteligentes quão obstinados, ladrões, devastadores, virtuosos da invasão. Há abe-

Fig. 47 — FLOR E INSETO, III: TRANSMISSÃO DO PÓLEN POR MEIO DUMA TECLA. Em visita à salva, o inseto esbarra numa tecla que lhe escreve, no dorso, uma nódoa amarela de pólen.

lhões que, vendo-se diante duma entrada estreita, praticam uma brecha na parede externa da flor e perfuram a corola no ponto que protege o néctar. Generalizando-se êste procedimento, quem duvidará de que classes inteiras de vegetais possam desaparecer? Vemos aqui um dos muitos exemplos de extinção de certos tipos.

Indubitàvelmente a flor atrai o inseto, pela côr, pela forma, pelo aroma; eis-nos, porém, diante de experiência desalentadora, como no domínio da simbiose e da biótica: certas flores atraem, outras não; e não passam pior do que as primeiras. Umas cheiram, outras não têm aroma. E, apesar disto, são procuradas pelos insetos exatamente como as outras. Não se percebe nenhuma vantagem nas vantagens, nenhum prejuízo nas desvantagens. Por que então tudo isso? Que vale a regra

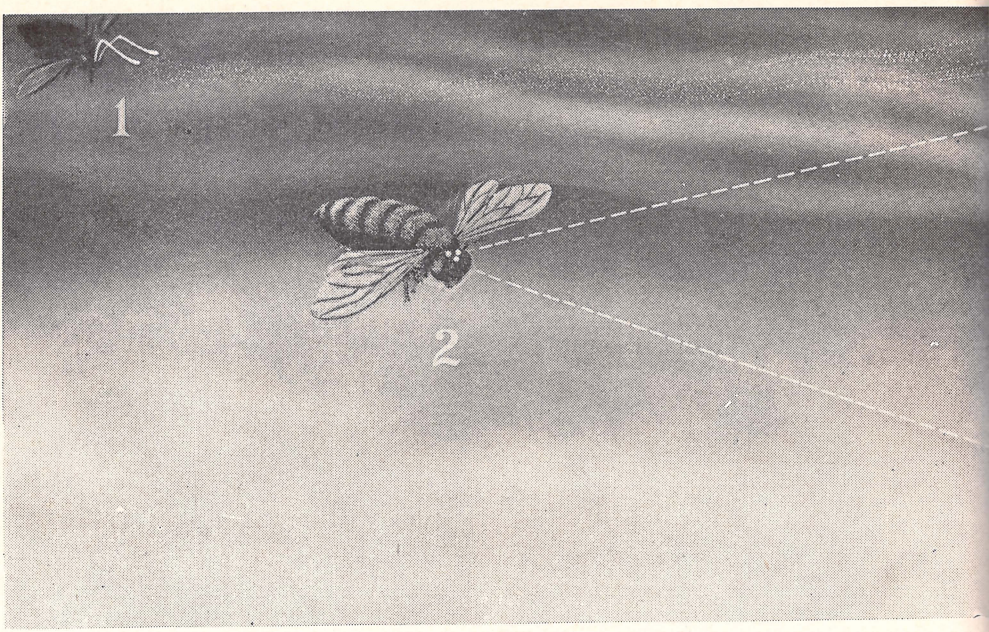
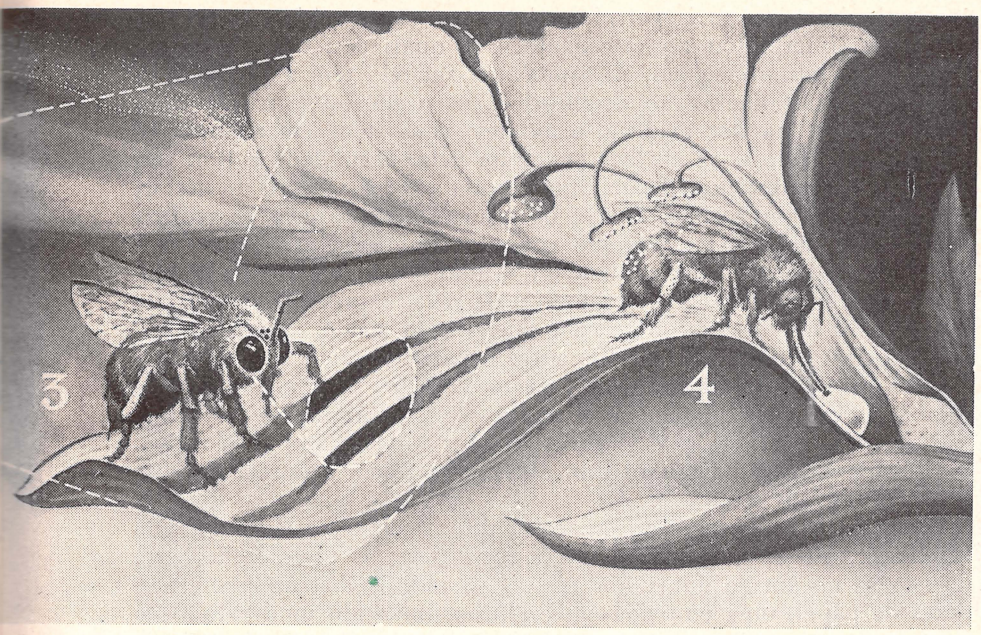


Fig. 48 — FLOR E INSETO, V: A FLOR CONVIDA O INSETO. A flor de néctar emprega quatro meios de atração; conseqüentemente, o inseto passa por quatro etapas de sensações: 1) O inseto é atraído pelo aroma; 2) depois, avista a flor com os

se as exceções são tão freqüentes que não se sabe ao certo se a regra é exceção ou a exceção a regra? Neste caso também a melhor maneira de se proceder é não consignar nada além do fato e acrescentar o mínimo possível de "humano, demasiado humano"; ou, visto que isso é inevitável, discernir o que é especìficamente humano. Fatos: os insetos reagem às formas, às côres e aos perfumes.

O sentido mais apurado é o olfato (Fig. 48, 1). Muitos insetos, principalmente os noturnos, praticam façanhas que, segundo noções humanas, raiam pelo "sôbre-humano". Coloquemos numa casa grande desocupada uma cama, num quarto distante; ponhamos, no outro extremo da casa, um mosquito e um percevejo; podemos ter certeza de que, após duas noites, no máximo, o mosquito nos zunirá ao ouvido; e, dentro de dez dias, encontraremos, o percevejo na cama. Forel pendurou à janela uma gaiola de gaze com uma fêmea de traça, madura para a reprodução, a oito quilômetros do seu criadouro. Na manhã seguinte, muitos machos pousavam no lado de fora da gaiola. Mas aí vem a antítese: Embora os insetos reajam ao aroma, noventa por cento das flôres não o possuem. "Não para nós!" — dirá o leitor. Mas não é assim. Pois vejamos: se eliminarmos o perfume, cobrindo as flores com papel transparente, as abelhas continuarão a voar, como



seus olhos de enxergar longe; 3) aproximando-se, vê o cálice, com os seus olhos de ver de perto, e é guiado ao interior por uma espécie de pista de linhas coloridas. 4) No fim do corredor, acha o néctar e saboreia finalmente o prazer da doçura.

antes, em linha reta para a corola, até baterem a cabeça no envoltório invisível.

Para a orientação óptica, os visitantes típicos das flôres são munidos de duas espécies de olhos: pequenos olhos frontais para longe e grandes olhos reticulados, com os quais, aproximando-se, enxergam dentro da flor as minúcias em ponto sessenta vêzes maior (Figs. 48, 2, 3). É fácil de recordar: olhos frontais — olhos para longe; olhos reticulados — olhos para perto. O sentido da distância, da côr e da forma, nas abelhas e nos abelhões, tem sido bem estudado; mas, até hoje, êsse estudo não revelou uma disposição lógica para a inteligência humana. As abelhas são "daltônicas". O vermelho vivo das rosas, que impressiona o homem, a ponto de ser considerado a côr do erotismo, deixa a abelha "fria". Em compensação, as côres do extremo violeta do espectro: o anilado e o violeta, que pouco dizem ao homem, tanto que as consideramos frias, excitam a abelha. A sua côr predileta é o amarelo vivo, não muito freqüente nas flores. Como a formiga, a abelha vê o ultravioleta que nós, os homens, não percebemos ainda. Evidencia-se nisso a diferença das escalas sensoriais e a conveniência de sermos prudentes em aplicar, como padrão, os valores humanos.

Chegando à flor, o inseto segue as linhas coloridas que levam da parte externa à interna, ao néctar, as linhas que o tão inteligente

Sprengel, dez vêzes mais perspicaz do que os seus críticos e os seus superiores, interpretou acertadamente e às quais deu o nome usado ainda hoje: *nectariostigmas*. Aí também o amarelo tem a preferência. Na flor do castanheiro, ao desabrochar, os nectariostigmas são dum amarelo claro; na flor madura, o amarelo converte-se em alaranjado. Então — só então — as abelhas penetram nela. Fecundada a flor, sob influência das substâncias fecundantes, muda a côr das linhas do néctar, que se tornam purpurinas. Diante da pista côr de púrpura, as abelhas simplesmente dão volta. Segundo conceitos humanos, as abelhas têm um "gôsto" pronunciado: gostam do veludo e da sêda; se lhes apresentarmos flôres artificiais de veludo e de sêda, algumas feitas de maneira que o inseto se defronte com o avêsso do tecido, as abelhas enjeitarão estas últimas. Sabem diferençar o pano do fôrro. Também são dotadas de evidente "bom gôsto", na escolha dos padrões. Não apreciam grandes superfícies de côr uniforme nem desenhos grosseiros. Prezam as flores pintalgadas e listradas de tons fortes, sôbre fundo vivo. Deparando-se-lhes um padrão com estrêlas, preferem a estrêla de doze pontas finas à de seis.

Possuem enfim o senso do espaço e, pròpriamente, o senso da profundidade, que se desenvolvem talvez, em virtude da posição encoberta do néctar, no âmago duma flor tridimensional. Se lhes apresentarmos flores de papel, uma enrolada em cartucho, imitando uma corola natural, a outra simplesmente pintada, as abelhas voarão com freqüência nove vêzes maior para a primeira. Como vemos, desde a atração exercida a grande distância pelo aroma e pelas côres vistosas até às passadeiras da corola e à fascinação do espaço que se estreita, verdadeiras séries de impressões e sensações se desenrolam na cabecinha duma abelha.

5) A flor acolhe o inseto

Um abelhão visita um íris (Fig. 49). Traz no dorso o pólen duma flor visitada anteriormente (1). Aporta à grande pétala condutora, segue as pistas para o interior da corola (2). Pêlos espessos formam uma escada por onde o inseto sobe cômodamente. Pende sôbre o "portão" da flor o receptáculo feminino (3) e tão vergado que, de passagem, o abelhão dobra a extremidade anterior em que se acha a "cicatriz viscosa". Esta superfície viscosa roça o dorso do inseto e "recebe" assim as células sexuais masculinas que êle traz de outro íris (4). O abelhão adianta-se, o receptáculo volta prontamente ao lugar primitivo, à entrada da flor; fecundado! (5). Para alcançar o néctar o inseto insinua-se na passagem estreita, onde se localizam as cápsulas de pólen. Para receberem luz e tornarem-se mais nítidas, estão dispostas em hastes. Na maior parte das espécies de íris, elas se inserem à altura das pétalas. O abelhão esfrega nelas o dorso (6) e certa quantidade de pólen lhe adere ao pêlo, úmido do visgo do receptáculo. Ao recuar, o abelhão roça novamente a face inferior do receptáculo, que já não está pegajosa; os pêlos permanecem agora em posição oblíqua, e o

Fig. 49a — FLOR E INSETO, VI: A FLOR BANQUETEIA O INSETO. Primeira fase: do mundo exterior ao néctar. (Explicação no texto).

Fig. 49b — FLOR E INSETO, VI: A FLOR BANQUETEIA O INSETO. Segunda fase: do néctar ao mundo exterior. (Explicação no texto).

receptáculo abaixa-os de maneira que o pólen não seja removido. Assim, o mesmo receptáculo que, à chegada do inseto, lhe tomou o pólen, à saída converte-se numa espécie de máquina de acondicionar. Em conseqüência, o inseto voa levando às costas nova remessa de pólen fresco para a flor vizinha (9).

Observando a figura com atenção entende-se perfeitamente, e mesmo qualquer criança dirá, ao vê-la: "Eu compreendi". Na terceira ou na quinta vez, já não se entende... Quem entenderá? Uma dada flor, um determinado inseto; o impulso do inseto para saborear o néctar; a atividade da planta em lhe preparar e apresentar a beberagem capitosa; a adaptação recíproca de duas criaturas tão completamente diversas, como a moeda e o autômato. E depois, o milagre da fecundação, o cruzamento de duas espécies de plasma, o complemento dos gens partidos ao meio e tudo isso nascido de átomos de carbônio, de hidrogênio, de oxigênio, de azôto, de enxôfre, de fósforo, de magnésio — gerado na superfície duma esfera que paira no espaço, um globo chamado Terra, em mares de asfalto e nuvens de ácido carbônico... Quem dirá que entende? Ainda que Platão, Goethe e Shakespeare aparecessem, de braço dado, bradando: "Nós entendemos!", eu não acreditaria. Êles, porém, nem o diriam.

Fig. 50 — FLOR E INSETO, VII: A FLOR CRAVA UMA FARPA NA NUCA DO INSETO. A orquídea crava uma farpa na nuca da abelha, que se retira pela abertura estreita do néctar (1 a 3). Da flecha pendem duas anteras. Continuando o vôo (4) a abelha transmite a "touca" à flor seguinte, que a apanha da nuca do inseto (5).

6) A flor insulta o inseto

Todo o bem e todo mal, que encontramos na sociedade humana, têm raízes no seio da natureza. O homem é uma criação da natureza; em conseqüência, nada há nêle que também não esteja nela; e tudo o que houver nêle é encontrado nela. O pendor para o luxo e a preguiça, para a vaidade e o parasitismo, para o embuste, o furto e o assassínio não é culpa especificamente humana e sim impulso inato de todos os viventes. Uma das mais pomposas criaturas de luxo da natureza é a orquídea. Ela não trabalha; vive à custa das árvores e, com o apanágio que extorque à sua "protetora", cerca-se dum fausto que lembra o das favoritas francesas. Veja-se essa Pompadour, digna do pincel dum Boucher, na figura 50. Quem não se convencer com a vista, observe a manobra caprichosa a que se atreve essa daminha. O visitante, que ela utiliza como alcoviteiro, vê-se recebido com esplendor inaudito. Naturalmente, não é môsca plebéia e sim um "grão-senhor", um abelhão. Nem precisa dar-se ao incômodo de entrar. A feiticeira Circe preparou um bar ao ar livre; o hóspede tem apenas de se acomodar no tamborete côr-de-rosa da entrada e será obsequiado. Acima da abertura do pavilhão rosado, pende um primor de tabuleta. O bar luxuoso é um restaurante automático. Mal o visitante preme o banquinho com o seu pêso, adianta-se do interior da sala um bufete. Aparece uma taça primorosamente lavrada, semelhante às conchas em que se serve o ragu (2). A taça, cheia de creme, é um convite ao inseto para saboreá-lo.

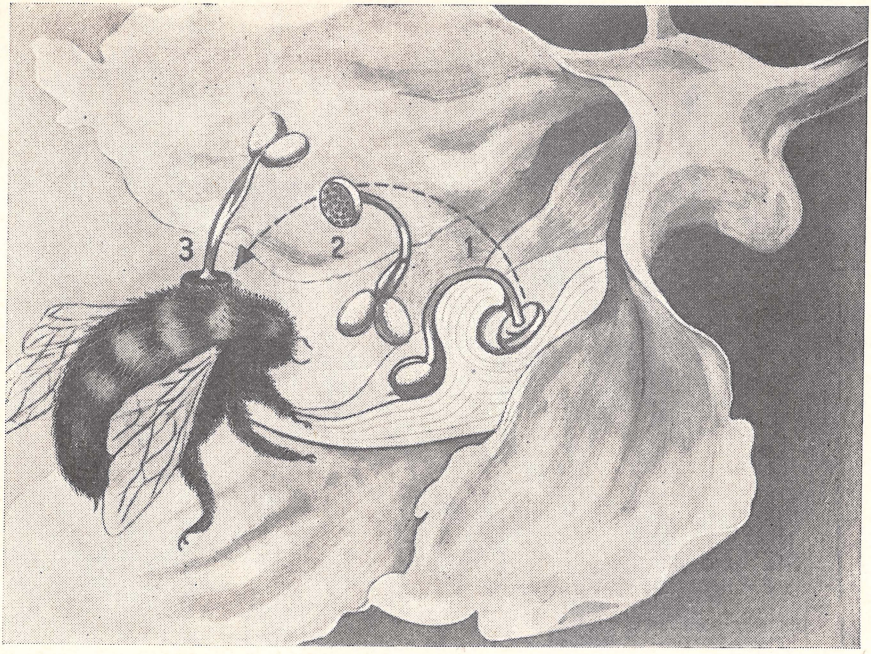


Fig. 51 — FLOR E INSETO, VIII. A flor arremessa ao inseto uma vara carregada de pólen.

Depois de esvaziá-la, tateia com a tromba o fundo, batendo a cabeça na ponta da "tabuleta" pendente (3). Enquanto o abelhão procura remover o obstáculo, arranca tôda a armação e carrega-a no cachaço, tal qual na arena o touro leva as bandarilhas. A farpa tem na extremidade superior duas caixinhas cheias de pólen. Com êsse barrete de truão na cabeça, estigmatizado como ladrão do doce da orquídea, o abelhão se vai. Inicia-se então o entreato da comédia. A corrente de ar seca e dobra as hastes; as cápsulas de pólen que, à partida, se balançavam na cabeça do inseto à maneira de penacho, curvam-se em arco para a frente e pendem como antolhos diante dos olhos do bichinho alado (4). Já se aproxima, entretanto, o próximo "Cocktail-Bar". O abelhão, como todo "habitué", não resiste à tentação. Apesar da desagradável experiência precedente, deixa-se atrair por outra flor. Reaparece a taça de néctar e o inseto, batendo a cabeça no fundo do recipiente, preme as anteras na superfície viscosa do receptáculo feminino, que atrás da taça, aguarda o pólen (5). As cápsulas são despegadas e dão lugar à farpa que adeja sôbre a concha, pronta a agredir o cachaço do guloso. Assim, arpoado e desarpoado, vai o abelhão de orquídea em orquídea.

Outra orquídea, no momento em que o abelhão pousa à sua "entrada", joga-lhe à cabeça uma varinha rematada por duas cápsulas de pólen (Fig. 51). Com êsse apêndice, o bicho voa para outra flor e

Fig. 52 — FLOR E INSETO, IX. A flor coloca no inseto estrepes cheios de pólen.

enfia-o, à guisa de chave, na fechadura do receptáculo seguinte. Flores da família das asclepiadáceas encerram o seu néctar em globos suspensos livremente, mas polidos com cêra, de modo que o inseto não tenha possibilidade de se agarrar. Só algumas fendas estreitas lhe servem de "estribos" e, nessas fendas, êle apóia as patas traseiras. Retira-as prêsas em estrepes, com duas cápsulas de pólen que vai depositar na fenda doutra flor da mesma espécie, visitada a seguir (Fig. 52). Dir-se-ia que não manuseamos um livro sôbre a natureza, e sim as travessuras de Eulenspiegel, ou as fanfarrices dum Münchhausen.

Se bem que seja tão trágico o caráter fundamental da natureza, não lhe falta, no entanto, a nota humorística...

7) A flor prende o inseto

A aristolóquia da figura 53 é uma trepadeira de fôlhas quase do tamanho da mão humana. Mas a sua flor descomunal nada tem de bela. Consta duma espécie de aba pardacenta que, desde o primeiro dia, parece murcha e cheira mal. Tresanda, com efeito, cheiro de carne podre, tanto que dá para desconfiar da existência dum rato morto na folhagem. Êsse é de fato o intuito da flor, que atrai a môsca varejeira a percorrer-lhe o interior, com a esperança de depositar ovos no

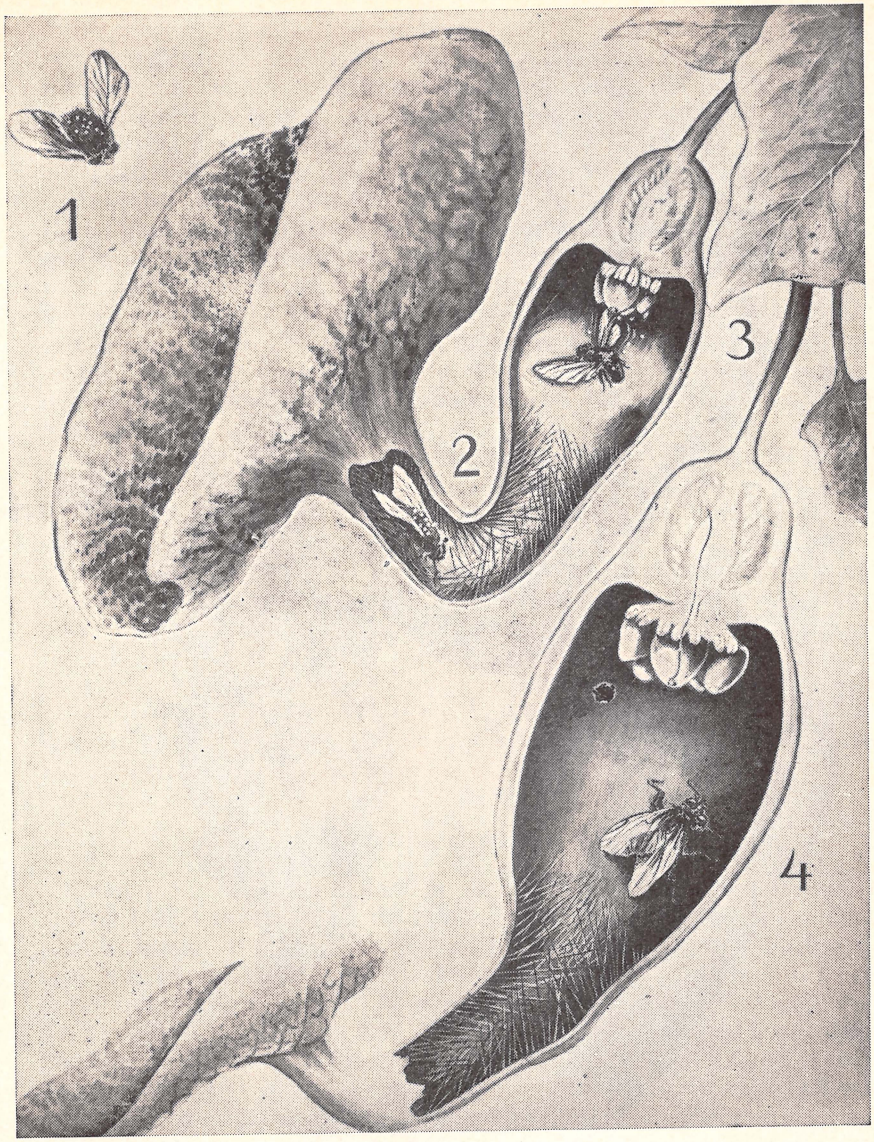


Fig. 53a — FLOR E INSETO, X: A FLOR PRENDE O INSETO. A aristolóquia atrai, com o seu cheiro de carne podre, a môsca (1). Um passadiço de farpas dificulta-lhe o caminho de volta (2). Pelo bater de asas na jaula estreita, o inseto vai espalhando o pólen que traz (3).

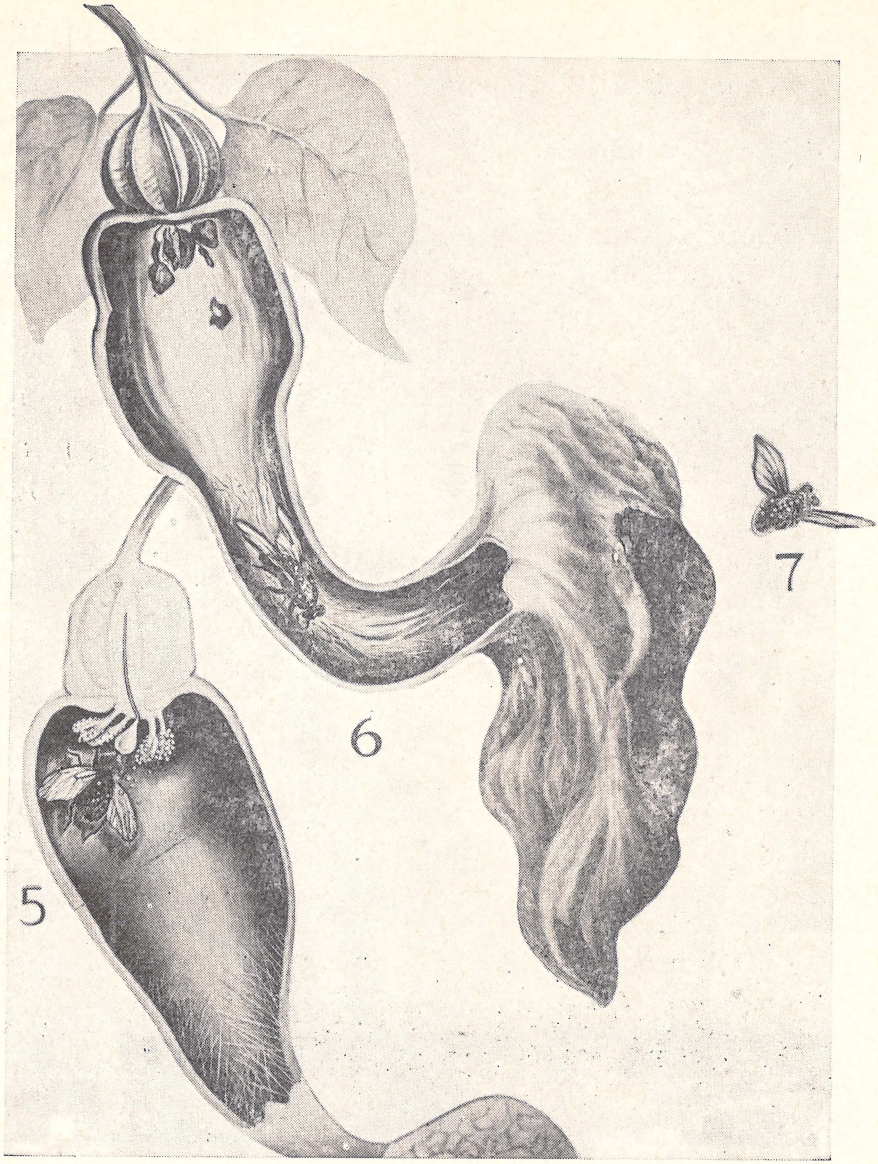


Fig. 53b — FLOR E INSETO, X: A FLOR PÕE EM LIBERDADE O INSETO PRISIONEIRO. Após a fecundação (4), os portadores de esporos masculinos adiantam-se e permitem que a môsca esfaimada se farte (5). Acabado o pólen, as farpas dão passagem livre à môsca.

"rato morto" (1). Mas a aristolóquia não é nenhuma ratoeira, é um apanha-môscas. Os insetos atraídos pela suposta carne podre, percorrem um corredor extenso, de entrada tão semelhante à das nossas ratoeiras, que poderíamos acusar os fabricantes das ditas de terem furtado à aristolóquia a patente de invenção. Cerdas rijas, voltadas para dentro, espetadas nas paredes, não estorvam a entrada, mas fecham ao inseto o caminho da liberdade (2). No apanha-môscas, faz calor; tôdas as flôres grandes produzem calor em abundância. A atmosfera quente excita os insetos. Procurando a carne mal cheirosa, zunindo, excitada pelo cheiro e pelo calor, a môsca espalha cá e lá o pólen que traz doutra aristolóquia. Do teto do recinto pende o receptáculo viscoso a que adere o pólen (3). Já então a môsca está cansada e com sono. Isso também tem finalidade. Enquanto ela dorme, os grãos de pólen tomados pelo receptáculo, lançam as suas raízes e levam os gens aos óvulos guardados no fundo (4).

Após a fecundação, o receptáculo murcha; os seus produtos da putrefação estimulam as anteras que, até aí sonolentas, saltam do fundo da flor. O receptáculo, apodrecendo, transforma-se numa gôta que cheira a queijo podre; a môsca desperta; arrasta-se até à gôta, chupa-a e, com isto, se polvilha do pólen que escorre das anteras maduras (5). A aristolóquia conseguiu o seu fim. O pólen trazido pela môsca fecundou-a; o pólen produzido por ela cobre as fêlpas da môsca: "O negro fêz a sua obrigação, o negro pode ir-se embora..." A flor abre a porta da prisão; murcham as cerdas, que impediam como farpas a saída; a môsca, refeita e animada pelo seu "caldo de carne", continua o passeio (6). No dia seguinte, procurando o cheiro de podre doutra aristolóquia, cairá noutro apanha-môscas.

8) A planta devora o inseto

Quando um doutor de Bremen — que à semelhança de Mendel e Sprengel nem era cientista do ramo — descobriu que a drósera, uma planta comum das charnecas, devora insetos, naturalmente suscitou risota. Nós, porém, homens, hodiernos, vemos que, entre reter a môsca prêsa durante dias e devorá-la não medeia senão um passo; e até um passo muito natural. A planta precisa de azôto. O corpo do animal é rico dêsse gás. Em conseqüência, as plantas das terras pobres de azôto, como as charnecas, abastecem-se dêle, aprisionando os insetos, ou com visgo, ou por meio de fôlhas-alçapões; e — a natureza não é humana — digerem a vítima viva. Não se tratando, neste caso, de transmissão de pólen para a reprodução, e sim de fome, a planta prende os insetos em geral, não com a flor, mas com as fôlhas. E, sendo a fome de azôto que a converte em assassina, não admira que só o azôto ponha em movimento o apanha-insetos.

Se pusermos uma môsca na fôlha da drósera, as garras apreensoras contraem-se e se inicia a digestão (Fig. 54). Se pousarmos na fôlha uma bola de vidro, as garras não reagem. Molhando a bola em suco

Fig. 54 — A PLANTA DEVORA O INSETO. As clavas viscosas da drósera atraem, cativam e digerem os insetos. A planta suga-lhes a substância, dissolvida, por meio de tubos semelhantes às veias dos animais.

de carne, as fôlhas sugam o suco. A sua sensibilidade é tão grande, que um grama de fosfato de amônio pode acionar trinta milhões de tentáculos. A planta carnívora é, para o azôto, o reagente químico mais apurado que possuímos.

A dionéia papa-môscas (Fig. 55) fecha-se, mal a roçam as antenas dum animal (2); basta para isso uma fração de segundo. As cerdas, nas orlas da fôlha, impedem que a môsca seja esmagada; do contrário, o "assado" seria menos gostoso (3). A môsca é sugada aos poucos, viva: "Natureza mãe!" a digestão dura aproximadamente uma semana (4). Quando o inseto deixa de fornecer azôto, a fôlha abre-se (5). Se injetarmos artificialmente azôto no inseto morto, a fôlha permanece fechada.

Plantas que vivem na água, em vez de haurir o seu azôto, através das raízes do lôdo do fundo, resolveram aprisionar os insetos que revoluteiam em tôrno delas. Um planta carnívora munida de ascídios, como a nepente, incha os pelos das suas raízes em bôlhas, que se parecem com pulgas aquáticas, a ponto de enganar êsses insetos (Fig. 56). Aqui se nos depara o primeiro caso dum prodigioso fenômeno natural: o mimetismo. As "pulgas aquáticas" devem ver nas bôlhas enxames de indivíduos da sua espécie. Na realidade, as bôlhas são papa-insetos engenhosíssimos.

Antes de tudo, oferece-se às vítimas o engôdo de longos estrepes em que os bichinhos aquáticos gostam de pousar; depois, as pulgas são atraídas, provàvelmente por uma substância aliciante, ao interior das bôlhas; a armadilha abre-se fàcilmente — só para dentro, porém. Na figura 56, uma larva de libélula (1) persegue um minúsculo caranguejo (2); agarra-o dentro do alçapão (3) e ali o devora (4). Mas o festim do algoz é também ceia de condenado: enquanto êle ainda está digerindo a prêsa, já o dissolvem as secreções das bôlhas (5).

O cúmulo do requinte se nos depara na sarracênia, tão largamente espalhada na costa oriental da América (Fig. 57). Um cascudo, voando, avista uma fôlha lustrosa (1) banhada em néctar. Pousa na beira da armadilha, que tem feitio de molheira, e avança, à procura do néctar (2). A fôlha é, porém, uma montanha russa; o inseto resvala para o fundo (3). Ali mergulha numa poça de orvalho e água pluvial em que a fôlha pinga suco digestivo. E, nesse caldo infernal, o inseto é digerido. Se procura sair, esbarra numa cêrca farpada (4), porque as orlas da fôlha são eriçadas de espinhos. Cedo ou tarde, a vítima exausta é tragada pelo estômago da planta (5) dispositivo surpreendente que não só funciona como estômago, mas também tem essa forma. O "estômago" é evidentemente, a melhor forma possível para o órgão da digestão. O estômago da sarracênia está perenemente aberto e nunca se farta. Vêem-se estômagos onde jazem centenas de insetos, meio digeridos. Essa taça é o mais belo comedouro que um pássaro poderia desejar. E os pássaros acodem a êle; piratas maiores, furtam a prêsa ao menor (6).

A planta carnívora é uma variedade anormal de vegetal. Anormal porque não é hábito do vegetal comer, e sim criar comestíveis; o vegetal não atrai o ser vivo para a morte, mas extrai vida do morto.

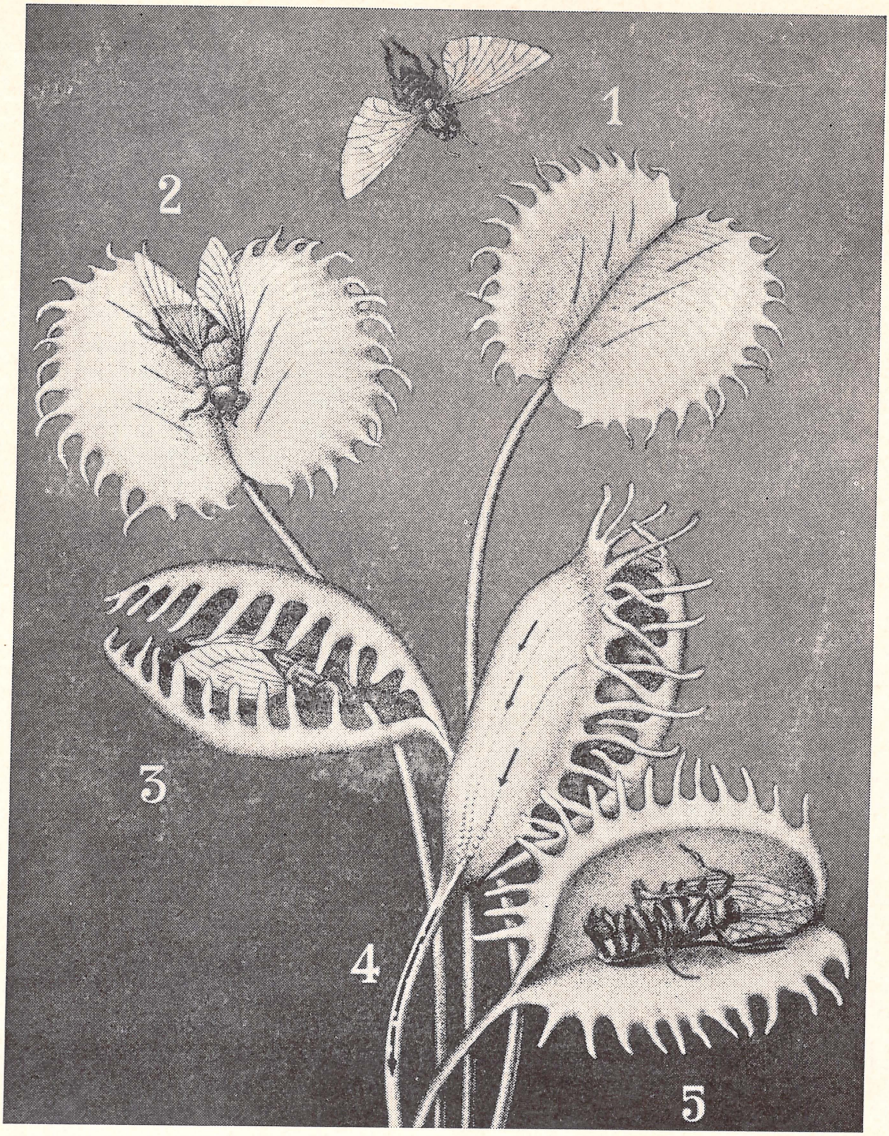


Fig. 55 — DIONÉIA — PAPA-MÔSCAS. A fôlha (1), ao contato do inseto (2), fecha-se como um alçapão (3). O inseto prisioneiro é digerido (4). Cessando êle de fornecer azôto, a fôlha abre-se e solta a múmia (5).

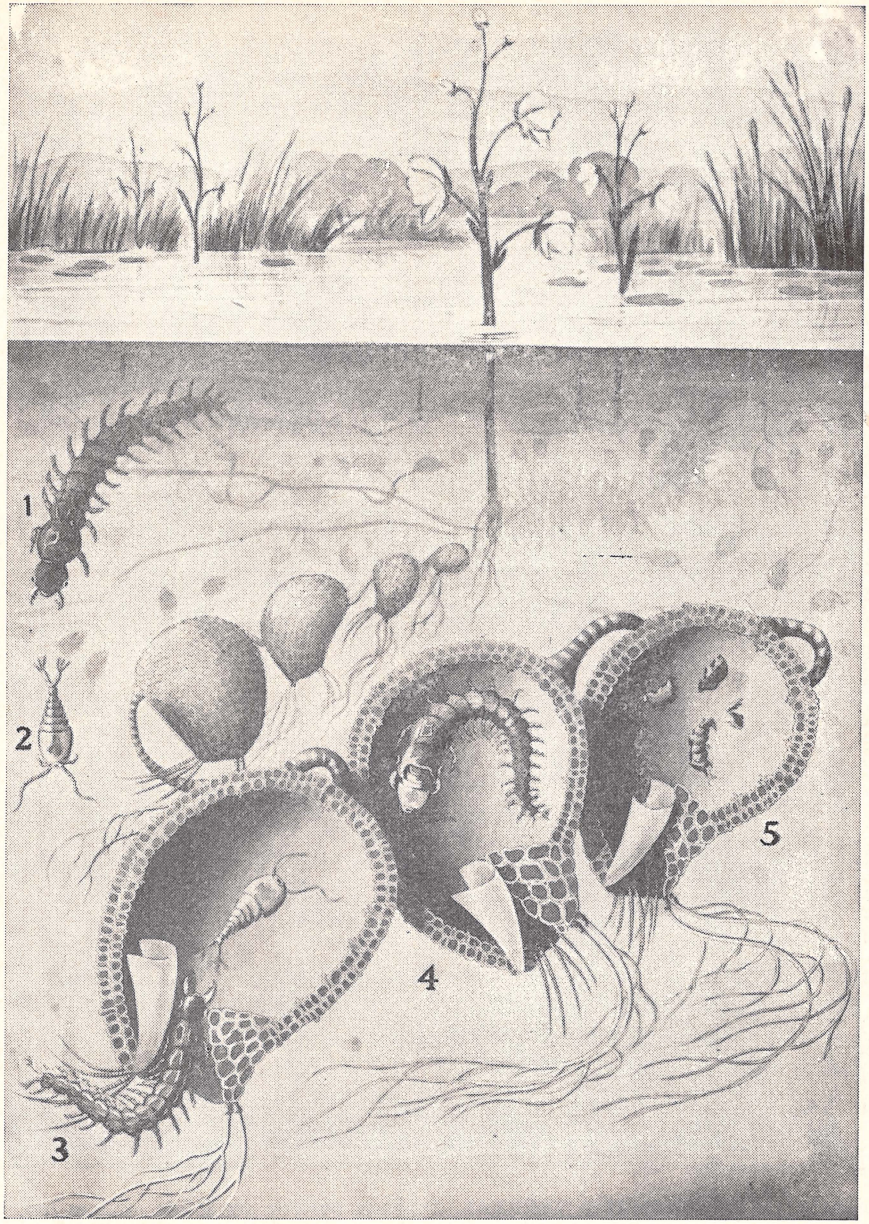


Fig. 56 — ARMADILHAS PARA INSETOS, DEBAIXO D'ÁGUA. A planta carnívora ascidiada prende os insetos, mediante bôlhas que os atraem; não os deixa sair, graças à tampa que se fecha atrás dêles. As secreções cáusticas da planta carnívora dissolvem as prêsas — tanto o caranguejo perseguido, como o seu rápace perseguidor.

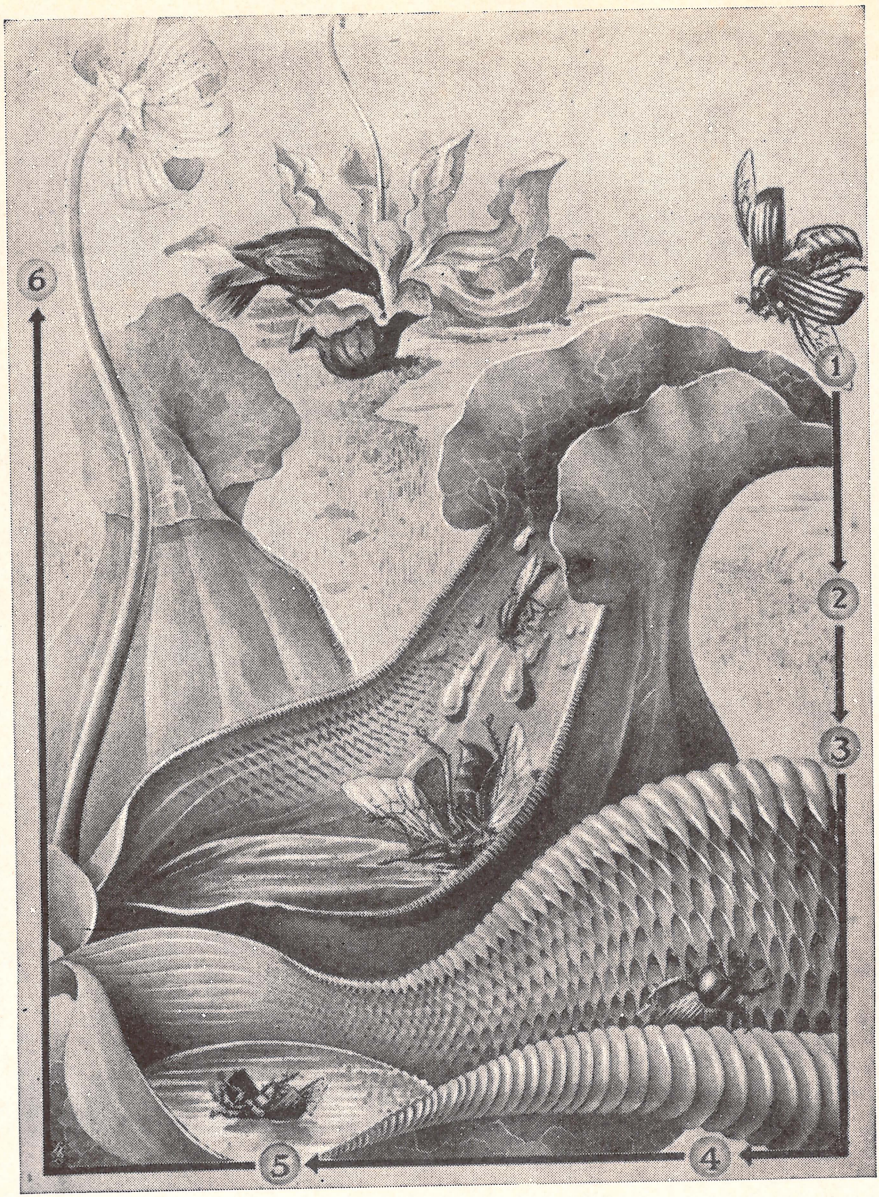


Fig. 57 — UM ESTÔMAGO VEGETAL. A planta terrestre sarracênia atrai os insetos (1) a um plano inclinado (2), donde êles resvalam para uma poça de orvalho, d'água pluvial e de suco digestivo (3). Paredes farpadas obstam a que o inseto se liberte (4). Cansado, o animalzinho afoga-se na poça (5), e a planta o digere. O alçapão funciona tão bem que ainda oferece alimento aos pássaros: êles acodem e esgotam a gamela cheia (6).

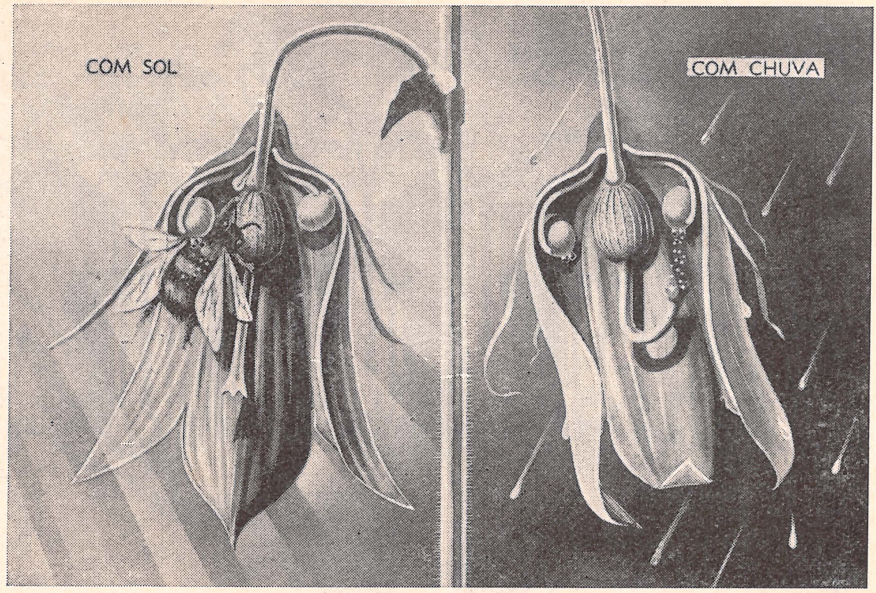


Fig. 58 — EXPEDIENTE — AUTOFECUNDAÇÃO. 1) Fecundação normal duma campânula por meio da abelha. 2) Tardando o inseto, a flor recorre à autofecundação, fazendo convergir as anteras e o receptáculo; uma polinização "à la Danae" fecunda o seio da flor.

Matar é, porém, meio cômodo de se prover de alimento; mais fácil do que aguardar os raios luminosos, puxar água das entranhas da terra, brigar com bacilos azotados debaixo do solo. Desde que as plantas provaram o fruto proibido, talvez, algum dia elas também venham a aderir a êsse modo de vida mais econômico; e também no reino vegetal o futuro pertencerá, não aos "vegetarianos" antiquados, mas aos carnívoros modernos. Aqui se nos depara provàvelmente o princípio duma evolução que pode mudar a face floral do globo. Dentro de cem milhões de anos, a terra poderá converter-se num mundo de vegetais que, em vez de se sacrificarem, como os da atualidade, para que outros sêres adquiram carne, sejam êles próprios carnívoros e agarrem as prêsas do ar, por meio de armadilhas, alçapões e apanha-môscas.

9) O inseto não vem; a flor tem de se fecundar a si mesma

Pode suceder que nenhum inseto venha para a fecundação. A violeta, que floresce oculta, passa às vêzes despercebida. Que faz? Em fins do estio, cria flores que, porém, não desabrocham, porque já não aparece nenhum inseto. Os estames desenvolvem-se no botão fechado; do-

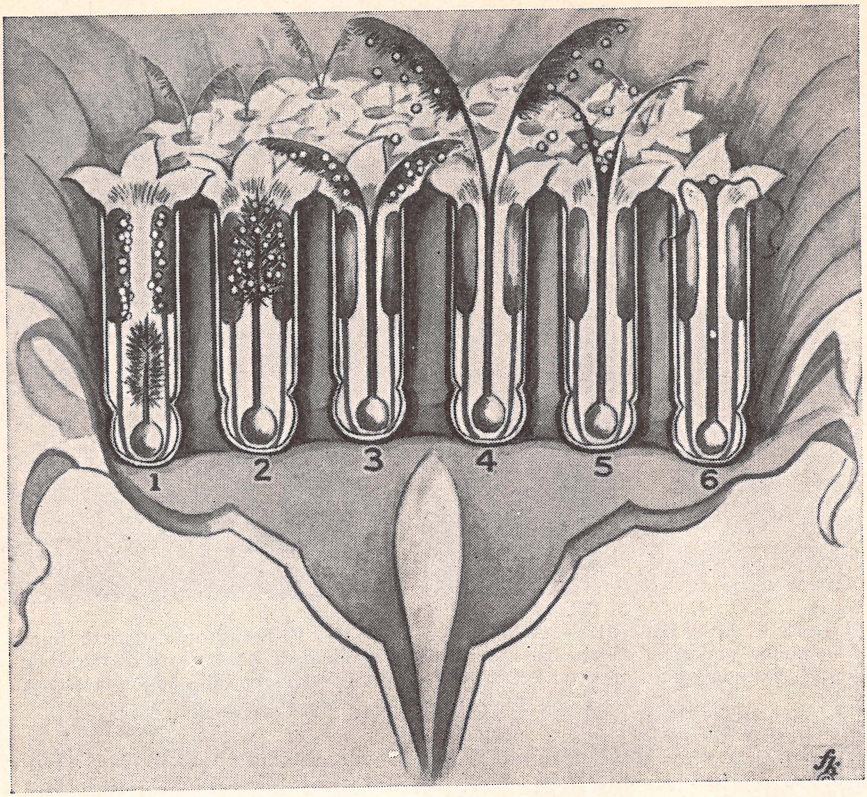


Fig. 59 — AUTOFECUNDAÇÃO DO GIRASSOL. O receptáculo feminino (1) sobe e roça com a face exterior felpuda os grãos de pólen das anteras masculinas (2). Crescido para fora do tubo, o receptáculo cinde-se (3); abre-se o canal receptor (4). Os grãos de pólen das escôvas contíguas caem nêle (5) e fecundam uma das flores irmãs adjacentes (6).

bram-se no espaço estreito, esbarram no receptáculo e vertem nêle o seu pólen. Processo semelhante se observa na fúcsia que, por ser planta de sala, não recebe a visita dos insetos. O bilro do receptáculo volta-se para cima; as anteras, até aí pendentes de modo a não perderem o seu conteúdo, viram-se e deitam a sua chuva de ouro no seio da irmã (Fig. 58).

Em inflorescências como as do cardo e do girassol, dezenas de florinhas miúdas estão umas ao lado das outras, como copos numa bandeja. Não desabrocham ao mesmo tempo e sim uma após outra, numa espiral de fora para dentro. Pode assim acontecer, especialmente com mau tempo, que as últimas fiquem por fecundar, visto que os insetos não as procuram. Desenrola-se então o processo indicado na figura 59. Abrem-se primeiro as anteras (1); depois, o receptáculo felpudo sobe

do fundo e roça o pólen como uma escôva cilíndrica (2). Não se fecunda nesse momento; com efeito, o que leva o pólen é a face externa do receptáculo ainda fechado (3). Ao nível superior da corola, a escôva cinde-se, livre do apêrto do canal. Os grãos de pólen aderentes à face exterior caem (4) e inserem-se na fenda do receptáculo cindido das flores vizinhas (5). O fim foi alcançado. À autofecundação falta o encanto do rejuvenescimento; realmente, as células que se unem são irmãos e irmãs. Todavia, o vegetal — que ao contrário dos animais superiores não vive decênios e sim um ano, que além disto não tem vida agitada, mas uma existência tranqüila — pode, sem prejuízo da sua vitalidade, subsistir pelo espaço dalgumas gerações, privado de cruzamento. Numerosas plantas de sala e de jardim se multiplicam, sem polinização, por mergulhia e autofecundação. Basta que haja, à distância de várias gerações, o cruzamento com plasma estranho.

Capitulo VI

FRUTOS, SEMENTES E O MAIOR FRUTO DO VEGETAL: TERRA

1) A flor transforma-se em fruto

Desde que as plantas aliciam os insetos para a fecundação, as suas núpcias passam-se como as dos homens. Em lugar das fôlhas, vestuário de todo dia, exibe-se a flor, trajo de gala; não o verde modesto, e sim côres deslumbrantes; em vez do tecido grosseiro da roupa de trabalho, o esplendor dos veludos e das sêdas. Como jóia de ouro em noiva, a flor ostenta o colar dourado dos estames, maquila-se, perfuma-se. "Doces e estranhos aromas afagam, alvissareiros, a terra". Assim como os homens desdobram tapêtes carmesins, assim a planta estende a passadeira colorida, o trilho para o néctar, servido ao inseto em meio dêsse luxo insólito, como a champanha aos recém-casados. Compare-se a oficina desolada, quente, superlotada, da colmeia à intimidade do aposento particular aonde a planta convida a abelha. Mal, porém, é alcançado o fim prosaico, objeto dessa festa nada vulgar, começa o cotidiano. Despe-se o vestido de noiva, desaparece a maquilagem, dissipa-se o perfume. "Some-se a graça, desaparece a beleza" — e, no fundo da matriz, germina a semente. O salão animado e festivo reduz-se a um

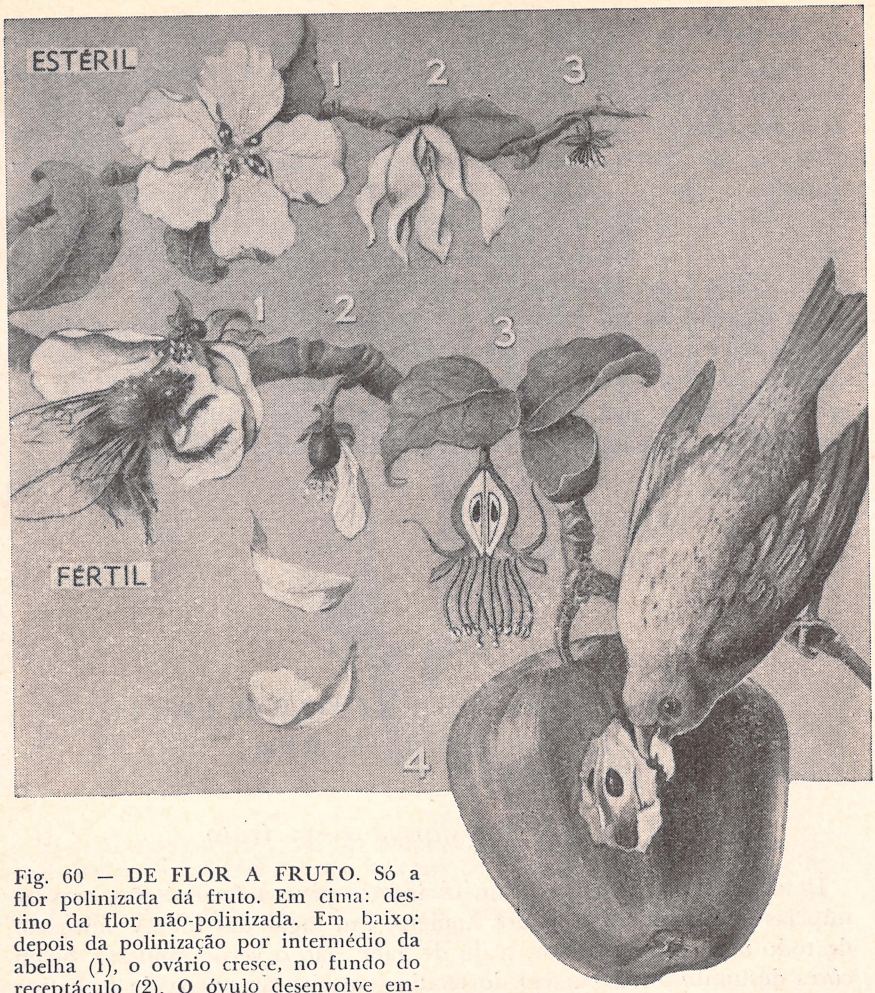


Fig. 60 — DE FLOR A FRUTO. Só a flor polinizada dá fruto. Em cima: destino da flor não-polinizada. Em baixo: depois da polinização por intermédio da abelha (1), o ovário cresce, no fundo do receptáculo (2). O óvulo desenvolve embriões (3), para cuja proteção e alimento o fruto se reveste de polpa e de casca. O pássaro, atraído pelo fruto, espalha os embriões, impròpriamente denominados sementes (4).

berço onde uma criaturinha dorme, a caminho da vida. O objetivo de tudo aquilo, a conservação da espécie, foi atingido (Fig. 60).

As figuras 60 e 61 familiarizam-nos com dois fatos pouco notórios, mas fundamentais, da ciência do fruto; primeiro: o fruto não se forma da flor; a flor é isca, engôdo, vestido de noiva, salão de festas; o fruto deriva do ovário, de modesta aparência, situado perto da haste. Segundo: quase sempre, dentro da forma a que chamamos fruto, o embrião ocupa um lugar tão modesto como o do ovário na flor. O conteúdo essencial do fruto é o caroço (Fig. 60, 4). No trigo, o embrião

está bem dentro do grão, que vai ser o seu alimento, rodeado das camadas da casca dentro da qual estão as moléculas-órgãos (Fig. 61).

O fruto é uma das invenções sensacionais que precederam ou seguiram o cortejo triunfal do vegetal moderno; qual dêsses dois verbos se lhe aplica melhor não sabemos dizer. Provàvelmente ambos. Seja como fôr, saíram das oficinas várias centenas de modelos: desde a noz, a drupa caduca, acondicionada como o cérebro humano (Fig. 62) até à abóbora, originária das terras sêcas do Oriente, tão grande e tão rica de água para que as suas sementes não careçam de umidade até à estação das chuvas; desde as aéreas pandorgas, balões e pára-quedas das flores dos prados, até à noz de côco, dentro da qual a palmeira das ilhas coralíferas confia o seu fruto ao oceano a fim de que, como garrafa lançada às ondas, vá dar a uma praia hospitaleira. Também falta à literatura um "atlas dos frutos" que os apresente, não do ponto de vista científico do pesquisador especializado, mas como criações de técnica e arte.

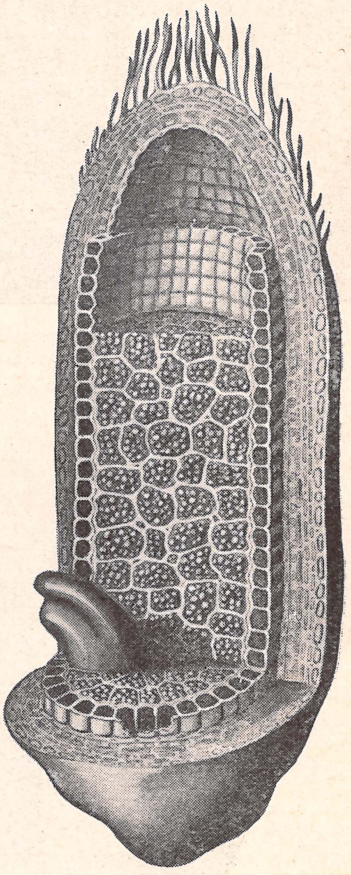


Fig. 61 — O GRÃO DE TRIGO. Demonstra que o fruto não é "semente". É um berço, onde o embrião (à esquerda, em baixo) cochila, no meio das suas substâncias nutritivas.

O ladrão, que rouba no carro da bagagem, não se interessa pelos passageiros. Pelo contrário, êstes o incomodam. Assim o ladrão-homem só se interessa pelo acondicionamento do embrião que o vegetal atira à viagem da vida. Descarta-se das sementes do pepino, põe fora o caroço da cereja e da azeitona; e o seu ideal é obter frutos que já não tragam em si o "fruto", mas constem apenas do envoltório do embrião desaparecido (Fig. 63). A criação de frutos sem sementes é, em verdade, um triunfo da fruticultura; não, porém, da moral. Mais do que cultivo é desonestidade. Deixa-se a criatura conceber, preparar-se para ter o filho e, depois o que vem à luz, em vez dêsse filho, é uma placenta. O fruto sem sementes é o berço sem a criança. Os homens falam e acusam-se de pecados que não são pecados. Mas levam os seus verdadeiros pecados às exposições e por êles recebem prêmios. Aqui, o boi cevado, tão gordo que mal o agüentam as pernas; acolá a vaca

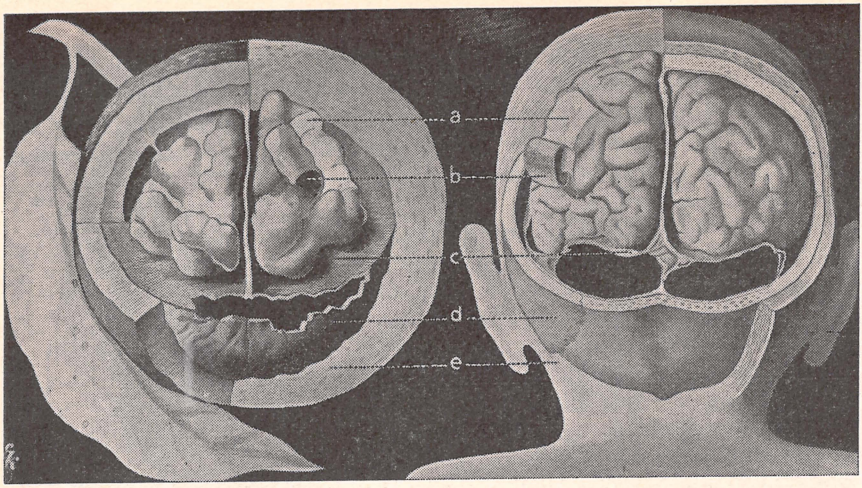


Fig. 62 — O ENVOLTÓRIO DO FRUTO CADUCO. O fruto caduco está idealmente acondicionado para não sofrer, caindo ao solo. O acondicionamento da noz assemelha-se ao do cérebro humano até nos pormenores.

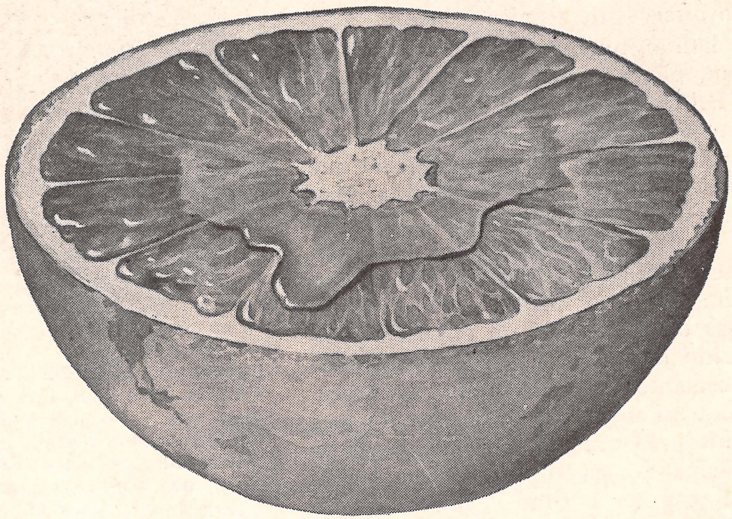


Fig. 63 — O FRUTO SEM SEMENTE. De quando em quando, em virtude de mutação, nascem frutos sem sementes. O cultivo intencional dêsses aleijados é "maldade" do homem, porque êle cria plantas que, em vez de procriarem filhos sãos, geram berços vazios.

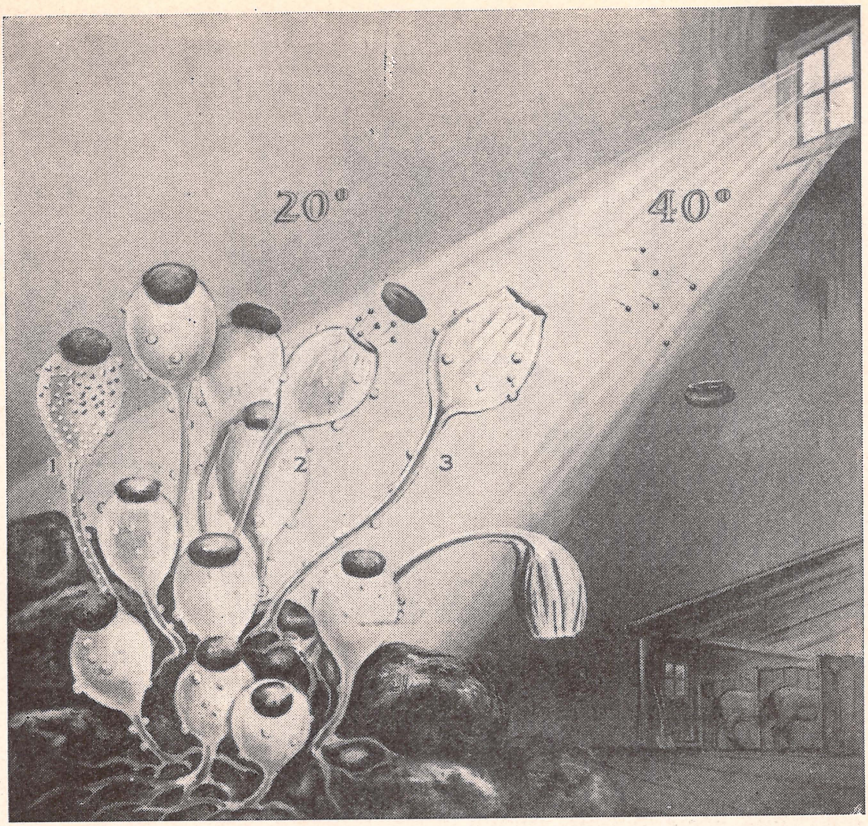


Fig. 64 — EMISSÃO DAS SEMENTES, MEDIANTE ALTA PRESSÃO, I. O pilóbolo, cogumelo nascido no estrume de cavalo, eleva, com a introdução de sal a pressão osmótica, nas cápsulas cheias de espórios maduros (1). As cápsulas orientam-se para a luz solar (2), dilatam-se com o calor e expelem os espórios na luz (3).

detentora do recorde de produção de leite, ordenhada elètricamente; naquela mesa, frangas sem asas; numa gaiola de arame, uma galinha deformada em poedeira mecânica viva; adiante, um cêsto de frutos enormes; acima dêles um cartaz: "Para que sementes?" Sim: sementes para quê?...

2) O fruto espalha as suas sementes

O primeiro canhão não detonou na batalha de Crecy, e sim nos campos de batalha do siluriano, descarregado pelos antepassados do cogumelo pilóbolo, que lança da sombra ao sol os seus espórios, com um canhão hidráulico, à pressão de cinco atmosferas (Fig. 64). O cogumelo produz essa pressão, enchendo o cano do canhão com sais que

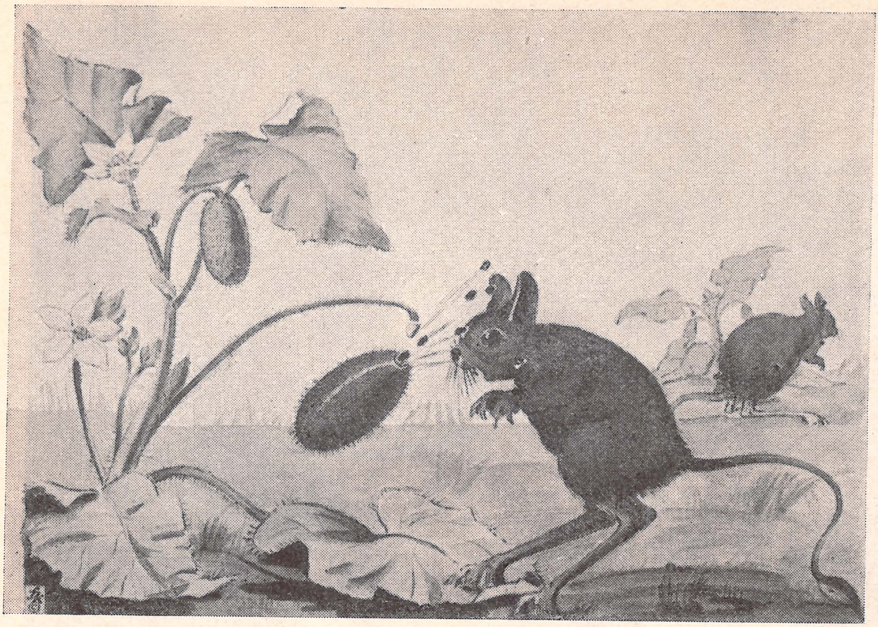


Fig. 65 — EMISSÃO DE SEMENTES, MEDIANTE ALTA PRESSÃO, II. Tocado pelo animal guloso, o pepino bravo rebenta e atira as sementes viscosas ao pêlo do rato.

retêm a água e assim aumentam de volume. Aparecendo o sol, a pressão aumenta, o tampão salta e a carga jorra na luz. Ao contrário das nossas bôcas de fogo, o canhão-fungo não varre crianças da face da terra, mas põe filhos no mundo.

Um espécime moderno é o pepino-bravo, mencionado na Bíblia (Fig. 65). Durante uma carestia, um discípulo de Eliseu trouxe dos campos êsses pepinos e cozinhou-os. À mesa comum, depois de provarem o fruto amargo, exclamaram todos: "É a morte na panela!" Pode-se inferir desta história que o pepino silvestre amadurece mesmo em época de estiagem; e a sêca é o motivo que o obriga a construir o seu canhão hidráulico. Os seus frutos sumarentos atraem os animais sequiosos. Mas, basta um dêles tocar o pepino, mesmo que só com a ponta do focinho, o fruto inchado explode e arremessa à cara do hóspede desprevenido um jacto viscoso de sementes que lhe ficam no pêlo.

O canhão hidráulico é a exceção; a maioria das armas de fogo dos vegetais é construída segundo o princípio da catapulta (Fig. 66). Todos sabem o que é uma vagem. Mas porque a planta fabrica vagens quase ninguém sabe. A vagem é um depósito que encerra as bolinhas da ervilha. Secando, a vagem se curva; no dia em que rebenta, as ervilhas saltam — e saltam depressa porque a vagem, por dentro, é polida. Durante a secagem, porém, o "cano" se torce e vira "alma" (3). O "cano" do canhão é invenção da planta, que também antecipou a in-

Fig. 66 — EMISSÃO DE SEMENTES POR "ARREMÊSSO". No momento de se abrir ou de rebentar, o envoltório sêco do fruto arremessa o seu conteúdo como raqueta (1). "Looping the loop" (2). Canhões (3). Catapulta (4).

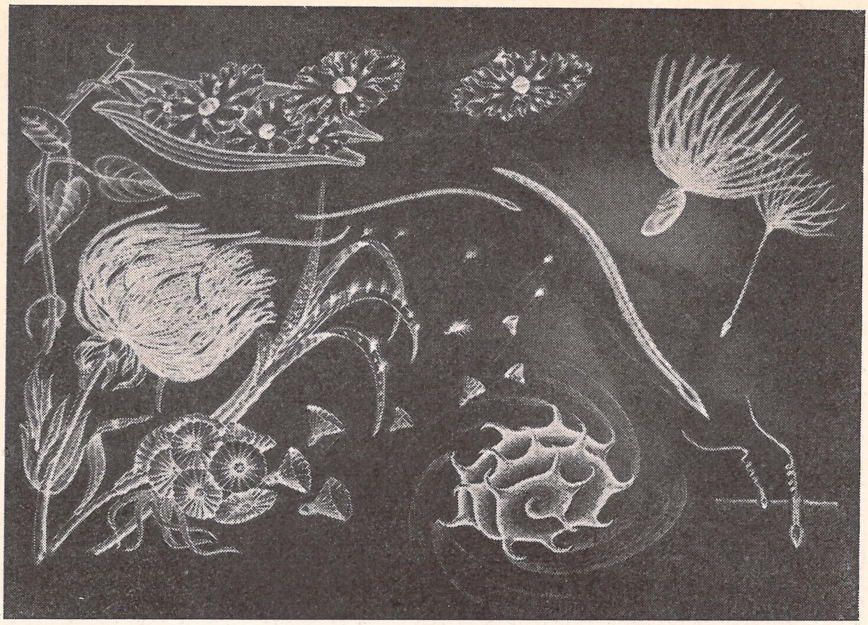


Fig. 67 — A VIAGEM DAS SEMENTES. As sementes abandonam os receptáculos que as encerram e saem a viajar. Na viagem, as sementes são transportadas por penas, asas, pára-quedas.

venção da raqueta (1), do "looping the loop" (2), da catapulta dos romanos e dos índios (4). Ao contato dum animal, sob o pêso duma fôlha morta, a uma rajada de vento, ela arremessa os seus projéteis a alturas superiores a dez metros.

O meio de transporte que a natureza fornece aos frutos é o vento; nas asas do vento, viajam noventa por cento da descendência em forma de pandorgas, plumas, teias, pára-quedas (Fig. 67); ou giram como helicópteros, bombas aéreas, planadores, da árvore ao chão (Fig. 68). Muitos pára-quedas estão aparelhados para soltarem automàticamente a carga (Fig. 68, 2). Chegam a maior distância os frutos que se entregam às asas dos pássaros e com êles atravessam continentes. No lago de Genebra, germinam sementes trazidas do estreito de Sonda pelas aves de arribação; e, nos brejos da França, têm aparecido fortuitamente plantas cujas irmãs medram nos açudes da Índia.

3) O último fruto da planta: o solo fértil

A terra não é coisa que existe por si só, como supõe a maioria. A terra é um produto dos vegetais, o seu primeiro e último fruto. O primeiro, quando o vegetal devora as pedras com as raízes, reduzindo-as

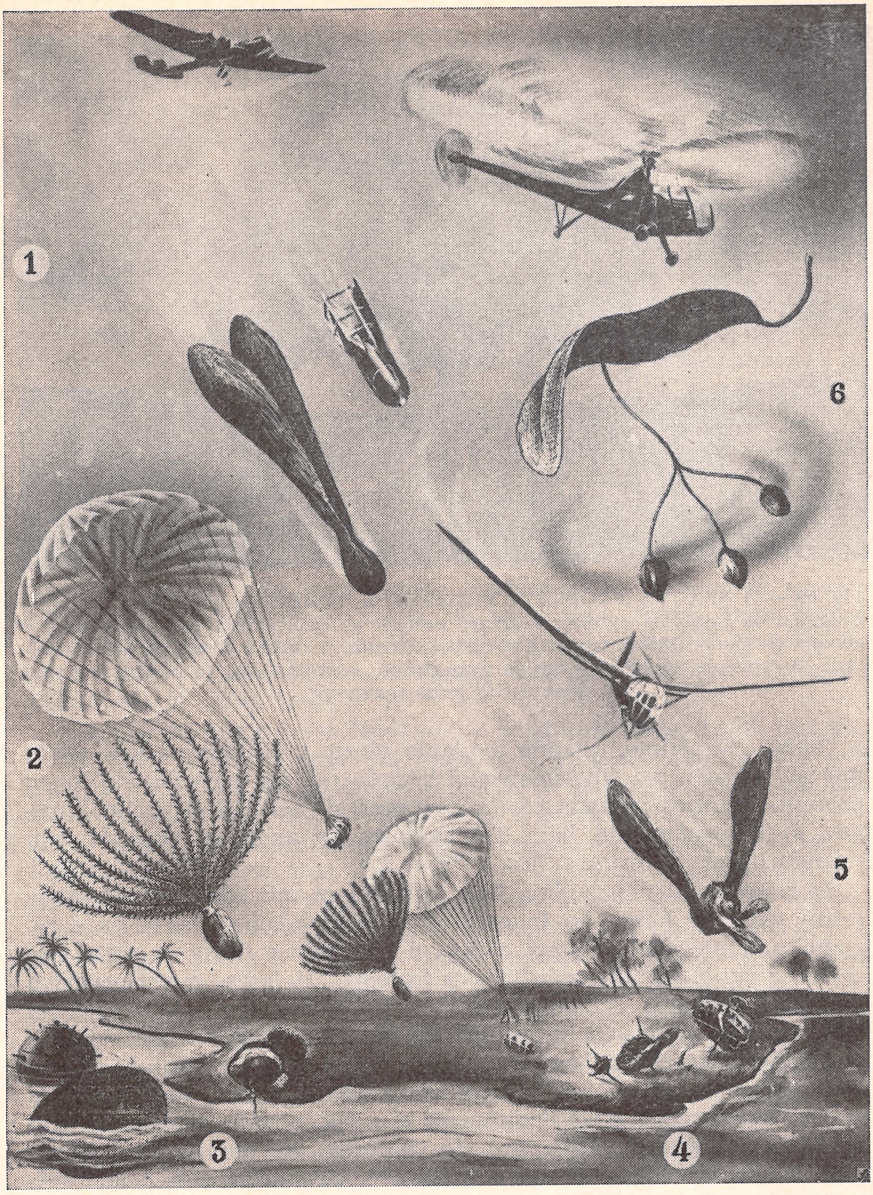


Fig. 68 — AS SEMENTES ATERRAM. Das árvores chovem bombas (1), pára-quedas (2), helicópteros (6), planadores (5). Os côcos flutuam, à maneira de minas (3, 4).

Fig. 69 — A PLANTA PRODUZ E PROTEGE A TERRA. Só há "terra" até onde alcançam as raízes da árvore. A árvore protege a terra, criada por ela, contra o choque da chuva (linhas brancas), a fúria do vento, o calor e o frio. A terra cultivada (à esquerda, no alto) é regada pela chuva; o solo inculto (à direita, no alto) é escalvado pelos aguaceiros.

a "terra". O último, quando a planta morre e entrega os seus restos mortais ao solo, tão laboriosamente lavrado por ela em vida. No longo processo histórico iniciado com a conquista da terra firme pelos liquenes, aproximadamente há 1.000 milhões de anos, os vegetais vêm criando o que chamamos "terra" (Fig. 69).

As raízes começam a obra. Mas, quando os reis edificam, os carroceiros têm que fazer. Ao longo das raízes instalam-se bactérias e cogumelos filamentosos. Morta a raiz, é devorada e deixa na terra um corredor vazio. Por êle transitam as formigas, as larvas e, em primeiro lugar, a minhoca; principia então a grande aradura — a aradura subterrânea. Quase não há animal, de vida tão modesta, que seja tão raramente visto e que faça tanto pelos homens, como a minhoca. Ela come terra, amassa cem vêzes, no seu longo intestino, todo resto de animal e de vegetal meio decomposto que encontre nela, satura-o bem de ácidos, de sais, de fermentos, de vitaminas, de hormônios e devolve-o depois, sob forma de terra esfarelada, como o mostra a figura 2.

Calcula-se num milhar o número de minhocas ativas, em cem metros cúbicos de terra de jardim — mil moinhos que não moem trigo e sim o pré-trigo: a terra. Os túneis cavados pelas minhocas são as traquéias do solo. Sôbre essa terra, que arrancou à pedra com as raízes, a planta estende as fôlhas caídas, uma colcha outonal que protege o solo contra o frio do inverno. As fôlhas mortas, encharcadas pelas

chuvas do outono, apodrecem e transformam-se numa camada quente em fermentação, viveiro ideal para microrganismos de tôda espécie, cogumelos e bacilos, musgo e larvas, crisálidas e vermes; em cada gôta, fervilham infusórios sem conta; em cada torrão, vegetam espórios que depois morrem e contribuem, mediante os seus cadáveres, com valioso material, especialmente hormônios, vitaminas e fermentos não utilizados dos embriões mortos. Nunca teremos na mão tanta morte e tanta vida como quando, ao atravessar uma floresta, apanhamos um punhado de fôlhas maceradas, com a terra cheirando a umidade e a podridão, que adere às fôlhas mortas. Não nos assustemos, se um bicho de conta nos rastejar na palma, ou uma aranha nos pular na mão.

Depois de preparar o solo durante cem anos — embaixo, com as raízes; em cima, pela queda anual da folhagem — a árvore, já venerável, cai e estende os galhos sôbre o domínio que regeu com carinho de bom governante, como se não quisesse abandonar, na morte, o que criou em vida: a terra. A partir daí, o lenho também apodrece; as moléculas que a árvore extraiu do solo com as raízes, e com as quais fabricou as moléculas gigantes do lenho, regressam à pátria, como soldados que cumpriram o seu dever. Mas, desde que deixaram a terra nativa, operou-se nela uma grande transformação: vieram de pedras; regressam em maravilhosa massa de terra fôfa. Assim, tôda árvore deixa ao planêta como obra de sua vida, uma pequena parcela de terra fértil; e o seu testamento começa com estas palavras: "Deste-me pedras; eu te deixo terra".

A noção de que a terra fértil não é produzida senão pelos vegetais, o solo não é morto, mas um organismo vivo do qual se diz que é jovem ou velho, são ou enfêrmo, gordo ou magro, constitui um dos conhecimentos mais importantes que a Ciência Natural deu aos homens. Ainda que esquecêssemos tudo a respeito dos vegetais, uma noção nos acompanhe pela vida afora: a diferença entre os minerais inanimados do planêta e o solo orgânico e vivo criado pelo reino vegetal. Morta é a lava, petrificada depois da explosão vulcânica; morta é a penedia que aflora à tona das águas; morta é a praia, cujas areias deixamos escorrer entre os dedos, como um pó de farmácia. É vivo o solo da floresta, donde mana o bafio das nozes mofadas; é vivo o campo donde o arado desentranha o cheiro da terra, mais precioso para o lavrador do que todos os perfumes de Paris; é viva a terra que esfarela entre as raízes, quando no outono arrancamos os restolhos, e que é preciso sacudir, porque as raízes não querem abandonar o solo, seu filho; e o solo não quer apartar-se da raiz, sua mãe. Choram os dois: a mãe e o filho — a planta e o solo.

Segunda Parte

O ANIMAL INVERTEBRADO

"Who shall heal murder?"
"Quem remediará o assassínio?"

(Byron)

Capítulo VII

OS UNICELULARES

1) Que é um animal?

"Todos os começos estão envoltos em trevas" — Mitologia. Narremos, pois, nesse estilo.

Na história da vida, a primeira época foi — como a descreve a Bíblia — o "paraíso". Mal a primeira luz atravessou a atmosfera, que ia clareando, os jovens sêres vivos, até aí ocupados em formar penosamente combinações do azôto atmosférico, puseram-se a utilizar a energia da luz, a fabricar, com carbônio e água, hidrato de carbônio. Eis o quadro da vida benévola, amena e moral que figuramos para nós mesmos, como plano da criação: a luz cálida, vivificante, do sol inunda, do universo, a terra; a criatura capta as ondas do éter e compõe, com materiais e gases inferiores, as combinações superiores que formam o plasma, insuflando assim a vida na matéria inanimada. Já precocemente, porém, aparece o mal; uma criatura começa a roubar à outra o fruto do seu trabalho. O fagócito, o "devorador", encosta-se ao bacilo e torna-se bacteriófago. Os cogumelos implantam-se em vegetais ainda unicelulares, sugam-lhes a seiva e desenvolve-se a simbiose — belo nome para uma relação detestável. Mas, até aí, não havia assassínio na terra.

Nasceu então Caim; não se contentando com ser parasita e furtar, concebeu o plano criminoso de acometer e devorar o possuidor de tesouros nutritivos. Consumou-se o primeiro fratricídio, e desta maneira o vegetal se transformou em animal. A hora em que, pela primeira vez na terra, um ser devorou outro ser, foi a hora do nascimento do animal.

Considerando bem, sem nos perdermos em digressões, a planta é uma criatura moral: ela produz. Desperta o que é morto para a vida. O animal é imoral: mata o ser vivo, desagrega as grandes moléculas carregadas de energia, produzidas pelo vegetal, e estimula com a fôrça de tensão delas a máquina do seu corpo. Ao assassínio da planta chamamos "comer". Comer é característico do animal.

Foi um dia negregado, na história do planêta, o dia em que ocorreu a uma criatura funesta a idéia diabólica de "comer". Comer é "o mal em si". É o pecado original e atávico que pesa sôbre o reino animal, e do qual sofre todo animal até ao homem, pelo temor de ser devorado, que nasceu como a sombra do crime, e nos persegue, sob

forma de mêdo da morte, desde a hora do nascimento. Comer é o primeiro característico do animal; o receio de ser comido é o segundo. O primeiro é a falta; o segundo, o castigo. Se perguntarmos como pôde uma forma de vida tão imoral, não só desenvolver-se, mas até predominar, a resposta é explícita: a natureza é amoral. Assim como não conhece nem ontem nem amanhã, como não pode ser chamada grande nem pequena, necessária ou inútil, assim não tem noção do bem e do mal. Dela só se pode dizer: "A natureza é; e está acima de tudo impassível, fitando no vácuo os olhos cegos, como a estátua de Buda — até hoje, a personificação mais perfeita da essência universal. O brinquedo de matar neste planêta, não é novidade para ela; já o viu milhares de vêzes e milhares de vêzes o tornará a presenciar. O mesmo se passa em muitos outros planêtas ao lado de mundos pacíficos, tão felizes, que desconhecem o crime de morte. Um dia, acabará no nosso, e recomeçará noutros. Porque o Universo é eterno e se repete em tudo.

"A revolução devora os seus filhos". Depois de certo tempo, em que o animal se contentou com exterminar as plantas e viver como "herbívoro", como é inevitável entre ladrões instaurou-se a rapina e o morticínio entre os cúmplices. Para que o esfôrço penoso de arrancar fôlhas às árvores, de comer corolas de flores? Deixemos isso a outros; depois não custará salteá-los e arrebatar-lhes a prêsa tão suada. Assim, aos devoradores de vegetais sucederam os devoradores de animais que, de dia, dormiam nas suas tocas, enquanto os herbívoros simplórios pastavam nos prados. Receberam aquêles a denominação de animais rapaces; injustamente, porque os despojados também viviam de rapina. Os assassinos de plantas eram estraçalhados por matadores de animais (Fig. 70).

Dessa espécie dos animais, de moralidade tão discutível, originou-se o homem — afirmação a princípio perturbadora e deprimente; com efeito, quem gostará de saber que seus pais foram assassinos? Mas a verdade, que choca no princípio do livro, se nos revelará, no fim, como um dos conhecimentos mais instrutivos sôbre a natureza humana, conhecimento que nos ajudará a compreender o passado, nos reconciliará com o presente, e formula para a humanidade um prognóstico animador. Ter sido animal, ter chegado a ser homem... que perspectiva! Como será diferente a história universal, quando se lhe puder aplicar o título que lhe damos: "O animal desanimaliza-se!"

2) "Amoeba Proteus", o animal mutável

O reino dos microrganismos foi descoberto pelos amantes da natureza, por volta de 1650. Anton van Leuwenhoek, de Delft, que era guarda-livros duma loja de fazendas, entretinha-se nas horas vagas com estudos microscópicos. Descobriu assim os infusórios e os espermatozoários. Na mesma época, Roberto Hooke, o gênio universal odiado

por Newton como a morte, publicou o primeiro livro com figuras microscópicas, a "Micrografia", onde aparece o primeiro desenho de "células". Setenta e cinco anos depois, em Nüremberg, o gravador Roesel von Rosenhof, fascinado pelo mundo de formas do microscópio, pintou o seu "Allmonatlichen Insectien-Belüstigungen" (Recreações Mensais dos Insetos) e descobriu o animalzinho mutável que denominou "Amoeba Proteus" — "amoeba", de rastejar; "proteus", do deus antigo sem forma fixa, mas dotado da faculdade de se transformar de mil maneiras (Figs. 71 e 72).

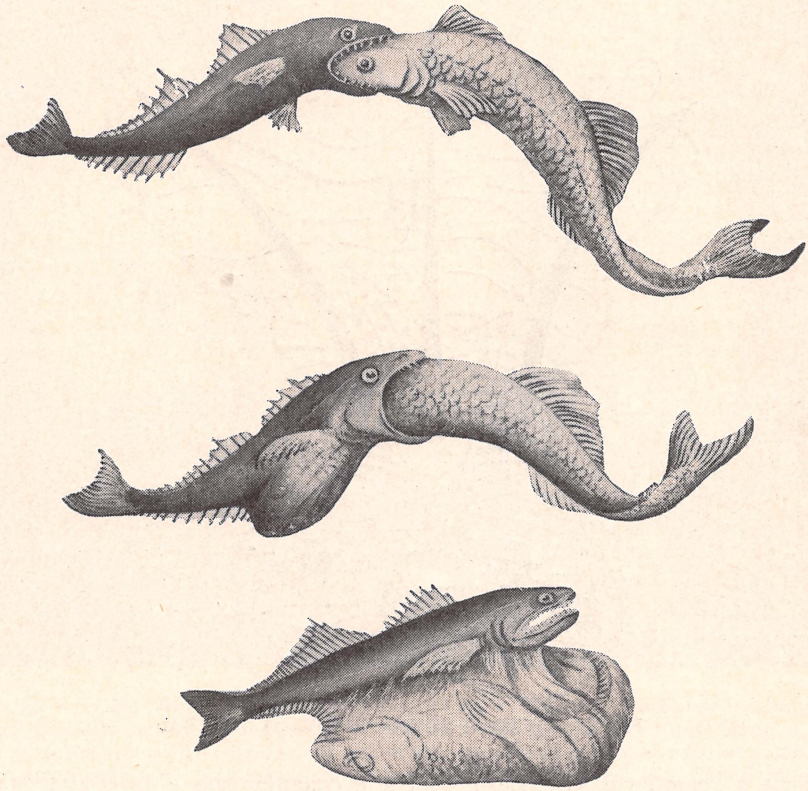


Fig. 70 — O ANIMAL.

"Ameba" é, desde então, o nome coletivo para uma classe de sêres dos mais simples que, ao contrário dos vírus, dos fagócitos, das bactérias, do lêvedo e do bolor, não têm forma estável. Em repouso, são esferas e podem permanecer anos em forma de "espórios". Mal se molham, incham e põem-se em movimento, de maneira característica. O mecanismo dêsse "movimento amebóide" tem sido muito estudado; estamos presentemente na iminência do passo decisivo para o identificar. As

cadeias de moléculas de albumina correm na região externa do plasma, paralelas à orla. Em repouso, desdobram-se como peças de roupa branca estendida (Fig. 71, a). O dispensador de energia, trifosfato de adenosina (veja a Fig. 11) mencionado várias vêzes, as põe em movimento, elas se dobram. Com isso, o plasma primeiro se contrái e, depois, se liquefaz. Diz a ciência que de *gel* (gelatina) se faz um *sol* (uma solução). Dobrando-se e contraindo-se o plasma, o líquido passa, como a água numa seringa, na parte central da célula, pelo núcleo. Êste segrega uma substância de efeito contrário, a heparina, que desdobra as cadeias de modo que o lado oposto da célula se dilate e

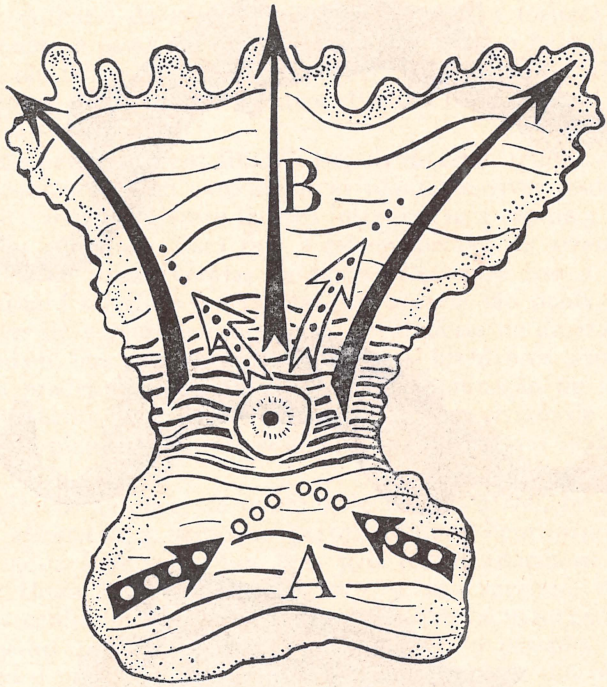


Fig. 71 — COMO SE LOCOMOVE A AMEBA.

torne a coagular-se (B). Liquefazer-se e coagular sob a ação alternada do trifosfato de adenosina e da heparina, é o mecanismo do movimento amebóide. Opera-se de maneira análoga a contração das fibras musculares em que o plasma também se liquefaz sob o efeito do trifosfato de adenosina e depois de novo se coagula; provàvelmente se desenrolam no cérebro os mesmos processos alternados, no pensamento e nas sensações. Investiga-se o papel do fósforo no cérebro; talvez cheguemos a descobrir porque um indivíduo pensa ràpidamente e outro devagar, porque êste se fatiga logo e aquêle resiste mais. Para entender Goethe, faz-se mister estudar a ameba — é o caminho da ciência. Se

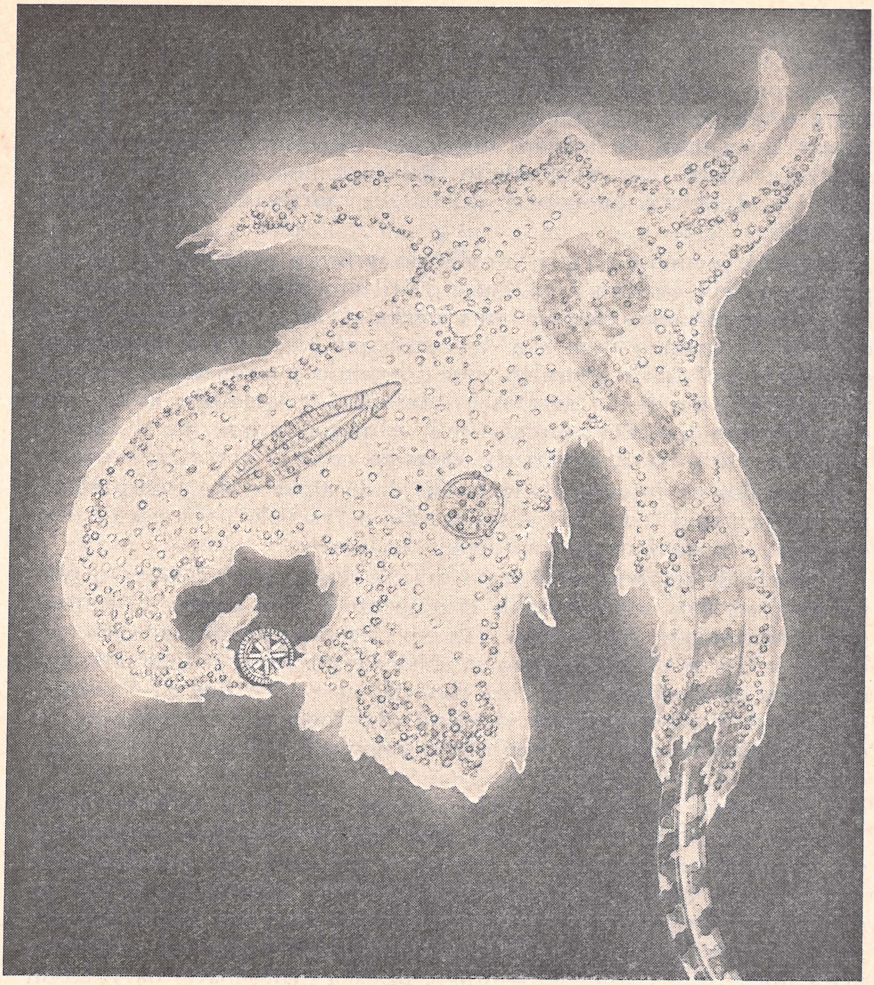


Fig. 72 — O PRIMEIRO ASSASSÍNIO NA TERRA. Animais primitivos desconhecidos, mas que muito provàvelmente se pareciam com as amebas atuais, foram talvez os primeiros animais autênticos por serem os primeiros que devoraram outros sêres vivos, cujo corpo digeriam, para acionar com a energia assim adquirida o mecanismo do seu próprio corpo.

cortarmos à ameba um dos "pseudópodes" dianteiros, as orlas do corte aproximam-se e o "pé" amputado reúne-se ao corpo-madre. Se inclinarmos o "pseudópode" cortado, em ângulo de 180º, êle se torce para trás e adere de novo à ameba, no ponto onde foi amputado. Se juntarmos fragmentos de amebas diferentes, êles não se unem. Um remendo artificial não surte efeito. Sabemos hoje porque: o "fecho éclair" só funciona quando se defrontam cadeias de moléculas convenientes.

A ameba pressente a água, o oxigênio, a luz, o calor, o frio, a prêsa próxima e sabe escolher bem, entre o útil e o inútil, o verdadeiro e o falso. "Se pudéssemos ampliar uma ameba, a ponto de a têrmos diante de nós do tamanho dum cão, veríamos que ela procede exatamente como um cão", disse Jennings, que consumiu a primeira metade do nosso século, estudando amebas e infusórios. Progredindo as análises, descobriremos que são reações físicas e químicas que lhe dirigem o procedimento — o da ameba e o de todos os sêres que vieram depois.

Absorvidos no interior, os materiais deslocam-se e são transportados por um pequeno "coração". Êsse coração, o "vacúolo", aparece quando é preciso, em qualquer lugar; depois desaparece.

A ameba se reproduz pela segmentação; após várias divisões, o plasma cansa-se, tem necessidade de cruzamento e duas amebas se confundem. Nem sempre são só duas. Há espécies cujas amebas acodem, um dia, de tôdas as direções, como se obedecessem a um radiograma. Um congresso de amebas. As amebas confundem-se — o que só é possível entre sêres irmãos — numa só massa que chega a tornar-se visível a olhos humanos, como por exemplo o cogumelo "fuligo", nos resíduos dos cortumes.

A verdadeira natureza do congresso não tarda, porém, a revelar-se. Não são "amebas". A massa gelatinosa rasteja para lugar mais elevado, forma ali uma espécie de lingüiça e aparecem espórios amarelos: uma planta! A maior parte das amebas morre provàvelmente por ter cedido a sua cromatina, para a formação dos espórios. Dêstes derivam novas amebas rastejantes. Aqui nos defrontamos com um fenômeno maravilhoso: um cogumelo, o fuligo, passa a maior parte da vida em forma de ameba sôlta. As suas células não se mantêm unidas; separam-se umas das outras e vivem em liberdade à maneira dos animais. De repente, tais amebas, tôdas irmãs, tôdas da mesma idade, reúnem-se atraídas provàvelmente por qualquer "matéria congênita" para "um dia em família" e, nessa circunstância, à semelhança dos homens fotografando-se em grupo, formam um cogumelo e revelam-se como "vegetais". Muito interessante; mais interessante, porém, é que a ameba, de quando em quando, troque o reino animal pelo reino vegetal. A ameba, criatura que vive e se alimenta, logo indubitàvelmente um animal, na "reunião de família" torna-se vegetal. "Amoeba Proteus", o ser que não é nem animal nem planta, pode ser tudo e nada, como o deus antigo do qual Roesel von Rosenhof lhe derivou o nome.

3) As amebas do corpo humano: os leucócitos

Entre os fatos mais extraordinários que nos dizem respeito e se impõem à nossa atenção, figura o de viverem, no nosso corpo, dois milhões de amebas, glóbulos sanguíneos brancos, ou leucócitos. Enquanto lemos estas linhas, centenas dêles nos deslizam nos olhos; milhares, na língua e nos dentes e, quando engolimos, várias dezenas descem-nos da garganta ao estômago. Vivem em ninhos, os gânglios linfáticos, ao longo do intestino, da traquéia, das veias, e dali saem e circulam. Um exame da bôca mostra-nos as "amígdalas", dois dêsses ninhos de amebas (veja-se a Fig. 3). Os glóbulos brancos limpam a cavidade bucal dos restos de comida e do pó absorvido; do mesmo modo se incumbem de manter o asseio na traquéia, nas dobras do intestino e nos canais dos rins; compete-lhes até remover do sistema nervoso o "lixo do pensamento", as células esgotadas. Executam assim uma tarefa importante na recuperação da saúde. Atacam em verdadeiras legiões os focos de enfermidade, combatem as bactérias, purificam as feridas, reconstroem os tecidos devastados (Fig. 73).

Com temperatura elevada, os leucócitos são mais ativos e vorazes; daí, a teoria de que a febre é febre curativa natural para mobilizar as energias do corpo. Mas também influi nos leucócitos o estado de ânimo do homem — o que não é absolutamente de estranhar, pois o "estado de ânimo" depende das secreções das glândulas endócrinas. Na euforia, os leucócitos são ativos; o mêdo e a cólera os paralisam, porque então as glândulas segregam toxinas de angústia e de raiva. Assim se explica que, nas epidemias bem como no curso das enfermidades isoladas, as pessoas despreocupadas e optimistas têm probabilidade de serem poupadas, ou de se salvarem, mais do que o indivíduo a quem o terror e o desalento "amargam" as secreções vitais e paralisam os leucócitos.

A teoria, mencionada na página 16, de serem os leucócitos simbiontes que, nos primórdios da história, se aninharam no corpo dos animais, e de constituírem as glândulas linfáticas "aposentos de hóspedes", é uma hipótese da qual nada se pode dizer, senão que é engenhosa e interessante... Que mais se há de exigir duma hipótese? Uma hipótese que induz a pensar e discutir é sempre um lucro; e, até hoje, ninguém pode ter a pretensão de afirmar que é o concessionário exclusivo da verdade.

4) Biogênese — o fio de Ariadne, no labirinto da história da evolução

A pergunta: "Quem é o inventor ou o descobridor duma coisa?" já provocou muitas questões. A resposta é fácil: o descobridor, ou pai espiritual duma teoria, não é o indivíduo que vê ou menciona pela primeira vez a dita coisa, ou formula primeiro certa teoria; é o indi-

Fig. 73 — AS AMEBAS DO CORPO HUMANO. Células amebiformes do tecido linfático reparam o fundo duma ferida.

víduo que lhe percebeu a significação e a apresentou aos seus contemporâneos, com a energia necessária para que a coisa ou a teoria viesse a ocupar, graças a êle, o devido lugar na história. A teoria de que o mundo não foi criado, mas evolveu, que o vegetal, o animal e o homem devem a sua estrutura atual a uma história da evolução, foi expressa centenas de vêzes, desde a mais remota antiguidade. É ela também a idéia central do poema erudito do romano Lucrécio Caro. Não é êle, no entanto, nem são Goethe, Herder ou Lamarck os criadores do evolucionismo. O autor dessa teoria é Darwin, porque foi êle quem afirmou o princípio da evolução como fôrça central na história dos sêres vivos, quem dedicou decênios inteiros ao estudo e à demonstração dêsse princípio e a expressá-lo em forma científica, exemplarmente científica. Foi a sua obra — e não os belos períodos de Herder nem os aforismos de Goethe — a origem da revolução espiritual que constitui o máximo acontecimento da história do pensamento do século XIX.

Também a idéia duma biogênese já foi expressa muitas vêzes. Mas foi Ernesto Haeckel quem compreendeu essa idéia, em tôda a sua significação para a história das criaturas, quem empreendeu a pesquisa da biogênese em tôdas as classes de sêres, quem lhe deu o nome apropriado e uma redação memorável, crismando-a, não sem certo exagêro, "Lei Fundamental da Biogenia". Lei cujo teor é o seguinte: a história da criatura individual, nos seus primórdios, é uma breve repetição da história da sua espécie. Os vegetais e os animais começam a vida como células, porque os seus antepassados, nas eras primitivas, eram unicelulares. As células ovulares do reino vegetal e do reino animal assemelham-se, porque os seus antepassados, no primeiro estádio da evolução, se pareciam. Todos nós começamos a existência como "amebas"; não "amebas", no sentido da zoologia, e sim células tão simples como a ameba, comportando-se como amebas, porque os primeiros organismos animais foram amebas (Fig. 74). Na primeira idade da sua vida, as rãs nadam na água como "peixes", com guelras, porque os antepassados das rãs eram peixes. Nas primeiras fases, o embrião humano apresenta claramente um rudimento de guelra, porque também os antepassados do homem eram peixes e o germe imita uma cauda articulada, porque o homem deriva de mamíferos rabados. As borboletas começam a existência sob forma de lagartos, porque os antepassados da borboleta eram vermes; e o baleote é provido de patas, que depois se atrofiam, porque a baleia já foi animal terrestre. Da história do germe, podem-se tirar conclusões valiosas para a história da espécie. Assim, além de explicar o aparecimento, no embrião humano, de sinais característicos singulares, que depois desaparecem — como, por exemplo, um terceiro ôlho no alto da cabeça ou membranas de palmípede entre os dedos — a biogênese fornece também indícios ainda mais valiosos doutra pré-história absolutamente obscura. Como poderíamos adivinhar que os mosquitos derivam de animais aquáticos, se não os víssemos na larva? Como poderíâmos atrever-nos a dizer que os antepassados das aves tinham dentes, se não aparecessem transitò-

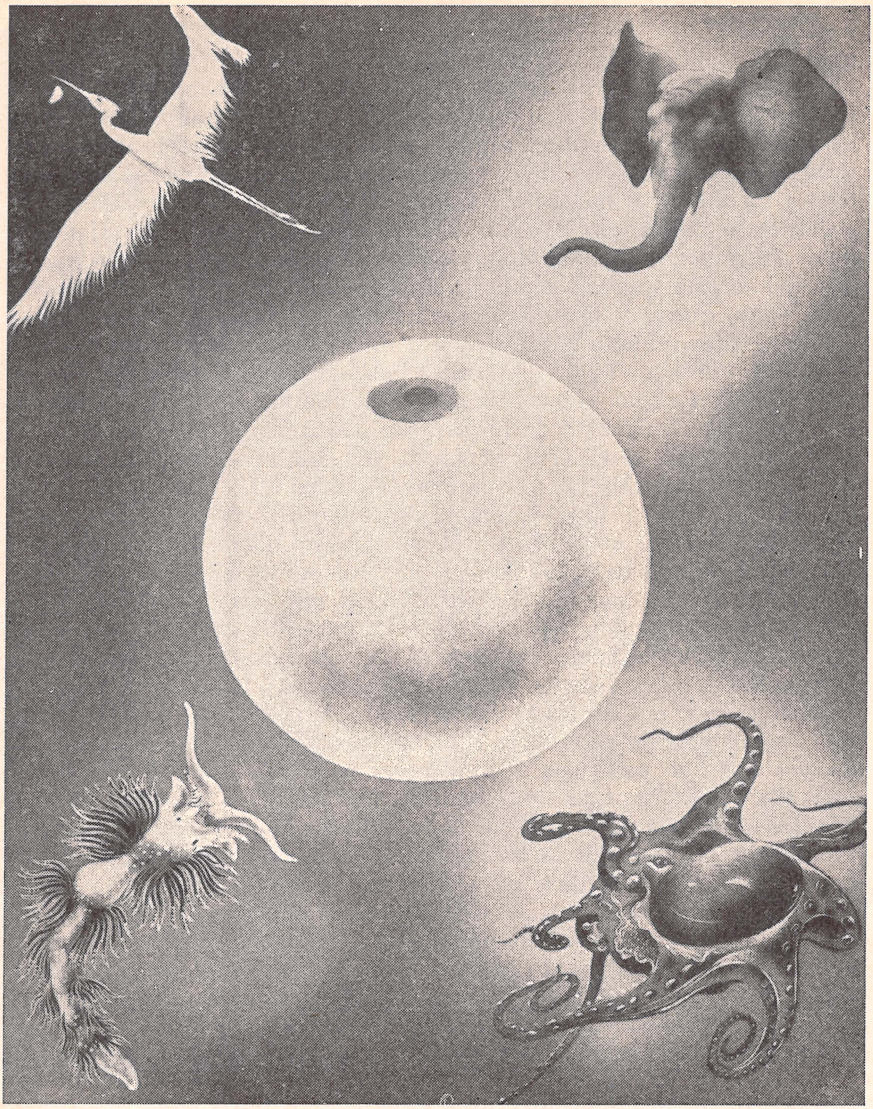


Fig. 74 — BIOGÊNESE. Todos os sêres começam a vida como bolas de plasma, semelhantes às amebas em repouso.

riamente, no embrião, sinais inconfundíveis de dentadura? Os pêlos com que a criança vem à luz não têm sentido. Seriam inexplicáveis, se a lei biogenésica não nos dissesse que êsses pêlos de duração passageira aparecem, por que os antepassados do homem tinham pele de animal. O indivíduo reproduz a evolução da sua espécie, mesmo no domínio espiritual e moral; como bem disse Goethe: "Ainda que o mundo em conjunto progrida, o novo ser sempre atravessará de novo, e como indivíduo, as etapas da civilização". Todos nós andamos em quatro patas, espetamos môscas e esquartejamos aranhas, porque somos descendentes de devoradores de insetos. Pode-se morrer como um santo; mas como santo é que ninguém vem ao mundo.

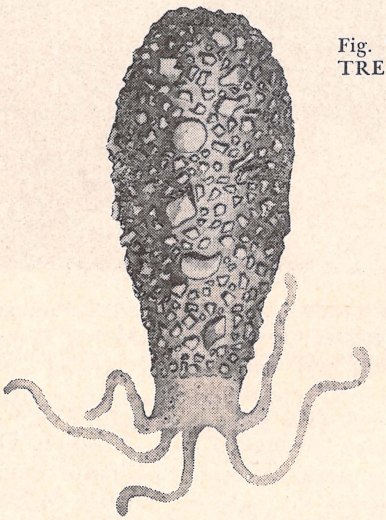


Fig. 75 — HISTÓRIA DA ARQUITETURA ENTRE AS AMEBAS, I. A "Muralha Ciclópica".

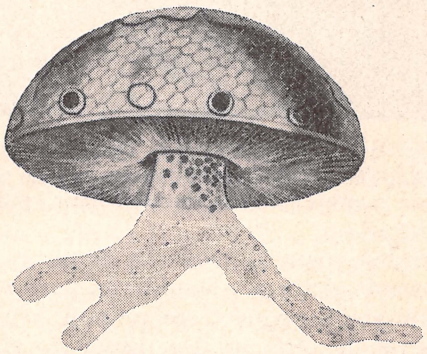


Fig. 76 — HISTÓRIA DA ARQUITETURA ENTRE AS AMEBAS, II. Aparece a "cúpula".

5) As amebas fazem casas de cal e tornam-se amebas calcárias ou animaizinhos de greda

A ameba não é apenas uma ladra; também vive entre ladrões. Habituada a devorar, precisa resguardar-se, todavia, tornando-se inassimilável. Começou como os homens na história: recolheu pedras e cercou-se dum muro, a princípio de blocos brutos; a muralha ciclópica (Fig. 75). Isso, porém, na arquitetura da ameba como na do homem, foi apenas a forma primitiva; ambos progrediram prontamente, em elaborar as matérias-primas da natureza. A ameba, e depois dela todos os animais, absorvem combinações químicas do seu ambiente; acrescentam moléculas do seu plasma e produzem assim materiais plásticos de construção que aparecem, ou separados do corpo como carapaças ou ligados a êle, quer como tegumento na superfície do corpo, quer como esqueleto, dentro dêle. A fig. 76 mostra-nos uma dessas primeiras "conchas de caracol", construída pela ameba para seu uso. O recinto

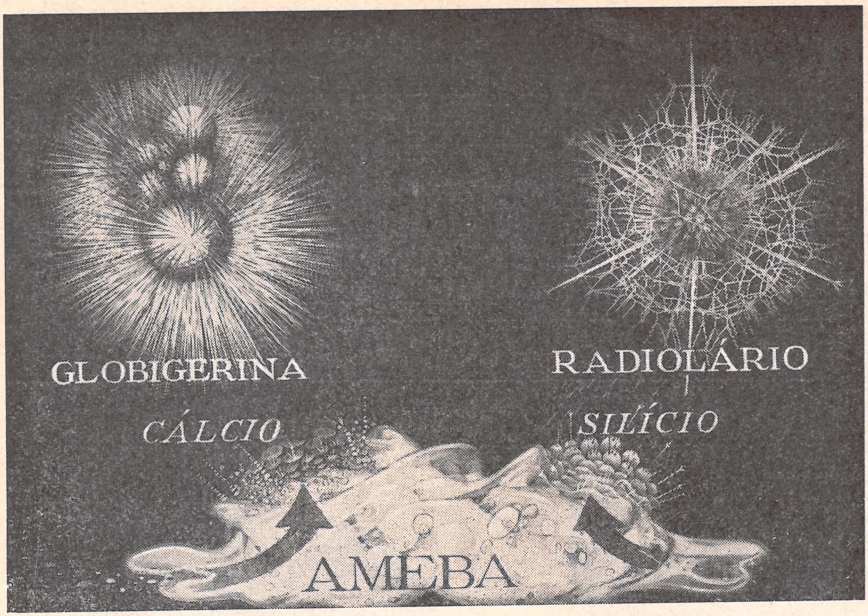


Fig. 77 — HISTÓRIA DA ARQUITETURA ENTRE AS AMEBAS, III. Para as suas construções "clássicas", a ameba tem a opção: cálcio ou ácido silícico; torna-se, em conseqüência, ou ameba calcária, globigerina, ou ameba silicífera, radiolário.

melhor para acomodação de massa é a esfera; para o poder carregar, o animal fêz um hemisfério; para não ser arrancado dêle, fechou-o. O recinto permanece em contato com o mundo exterior, mediante uma série de orifícios. Da disposição simétrica de tôdas as partes deriva um ornamento: "beleza".

As amebas que vivem no mar têm à sua disposição dois materiais de construção: o cálcio e o silício. As que construíram com cálcio tornaram-se amebas calcárias ou animais de greda. As que tomaram o ácido silícico ficaram amebas de vidro ou *radiolários* (Fig. 77).

Há cêrca de 150 milhões de anos, o mundo ocidental, da América do Norte à Europa e ao interior da Ásia, era coberto por um mar superficial e quente onde flutuavam, ao lado de inúmeros animais calcários maiores, tantas amebas calcárias, que as águas provàvelmente se tornaram leitosas. Embora existisse por certo desde várias centenas de milhões de anos, a ameba teve mais uma "época de esplendor". As casas que então construiu eram taças esféricas ou rasas como pratos. As esferas eriçavam-se de espinhos; com efeito, para flutuar, a ameba espicha o plasma quanto pode; para manter os braços estendidos, atravessa-os com eixos; para não quebrarem, cimenta-os no fundo com uma camada de cálcio. Assim se forma a ameba almofada de alfinêtes, a ameba globular ou globigerina (Fig. 77).

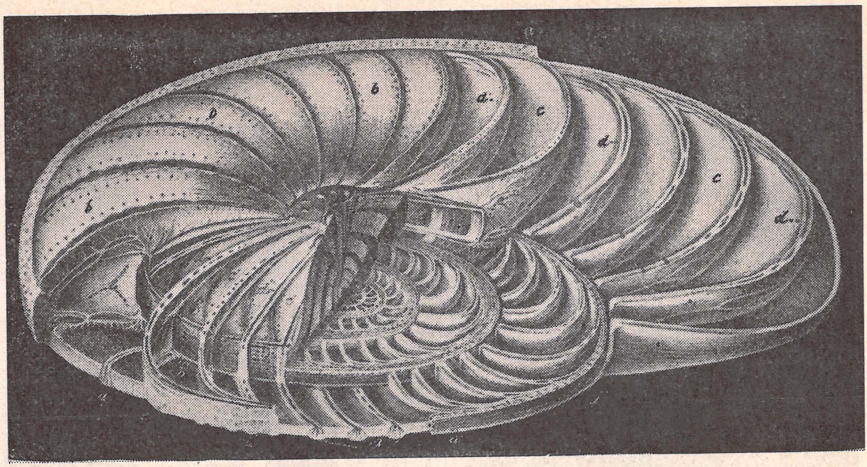


Fig. 78 — HISTÓRIA DE ARQUITETURA ENTRE AS AMEBAS, IV. *Casa calcária do apogeu da arquitetura amébica.* As casas dos animais de greda de grande porte eram complexas construções de luxo, do tamanho duma moeda.

Outras amebas constroem casas com aberturas, razão por que são chamadas foraminíferos, amebas com orifícios (Figs. 78 e 79). Muitas casas são planas como a concha da ostra; outras lembram os abrigos dos polvos com os quais têm positivamente afinidades na origem e na arquitetura — paralelismo. Crescendo a ameba (Fig. 79, 2) a habitação torna-se muito estreita e ela constrói outra (3). Tornando-se esta insuficiente, acrescenta-lhe a terceira, a quarta; cada uma delas maior do que a precedente (4). A ameba ocupa todo o andar; o núcleo fica bem resguardado, no aposento dos fundos, e só de quando em quando é retirado, como o cofre onde o homem guarda os seus objetos de valor. Se os aposentos se dispõem obliquamente, origina-se uma espiral, uma concha de caracol (5). As amebas calcárias atuais são microscópicas; um giz escolar contém dez milhões de conchas. Na sua época áurea, as amebas eram do tamanho duma moeda e chamavam-se, por isso, animais-moedas ou *numulites*. A gravura 78 é o modêlo duma concha de numulite, que nada tem de simples. Durante milhões de anos, elas povoaram o cálido mar calcário, e das conchas das numulites mortas se cobriu o fundo do qual se elevaram os montes calcários dos nossos dias (Volume I, Fig. 77). Os Alpes e os Dolomites, os montes da bacia do Mediterrâneo, os planaltos da Ásia Oriental estão ou estiveram cobertos de cal de numulites. Cessando o dilúvio, a arca de Noé ficou suspensa no maciço calcário do Ararat; Moisés pisava em conchas de amebas, quando do alto do Sinai exibiu ao povo as Tábuas pétreas da Lei. E Cristo, ao pregar o sermão da montanha, estava sôbre análogo tapête de corpos calcários, tão insignificante aos nossos olhos humanos, mas em verdade entretecido de beleza. A Inglaterra chama-se

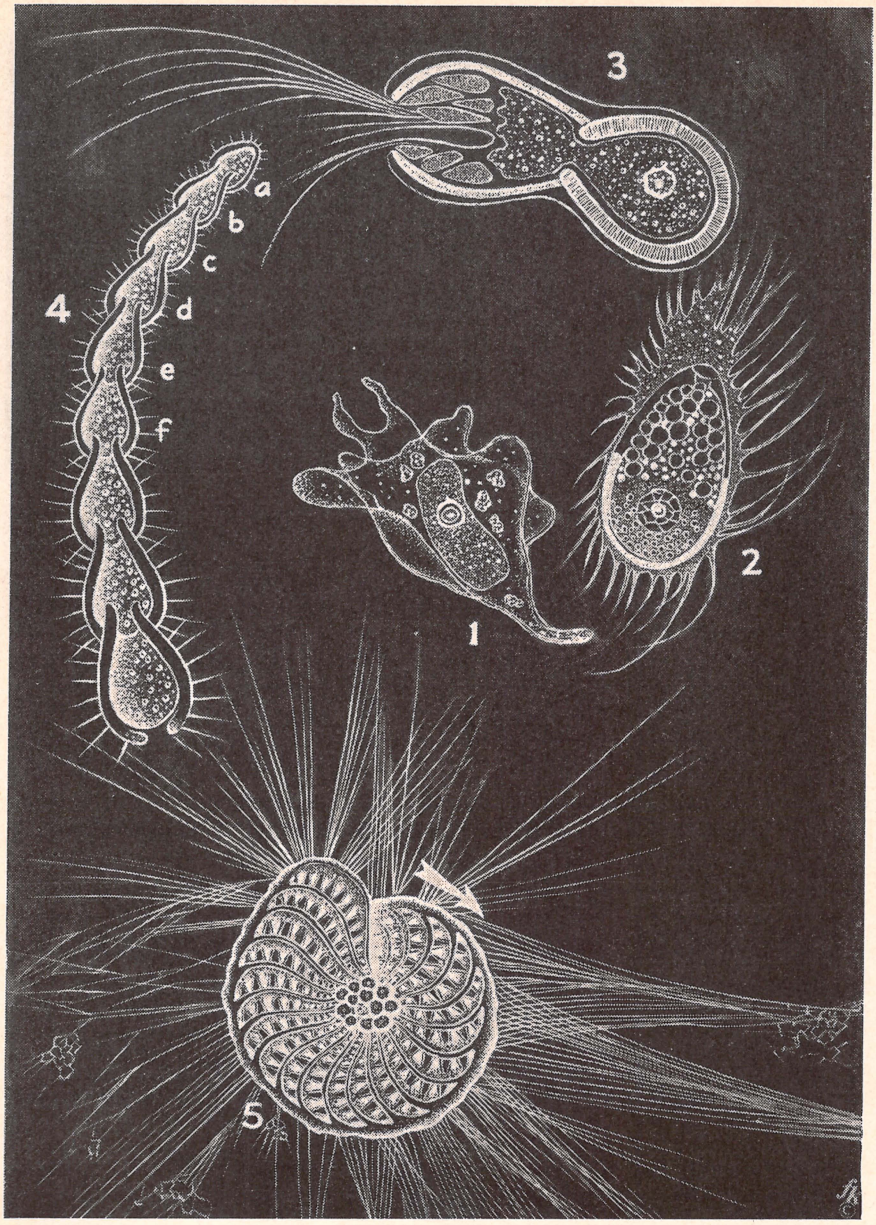


Fig. 79 — HISTÓRIA DA ARQUITETURA ENTRE AS AMEBAS, V. A ameba constrói uma casa calcária e torna-se um animal de greda. 1) Vagabundos sem domicílio; 2) Moradia dum só quarto; 3) Moradia com dois quartos; 4) Vivenda de nove peças; 5) Edifício com vinte apartamentos de nove peças.

Álbion, a Terra Alva, porque os penhascos de Dover apareceram brancos às trirremes romanas. A vida de Paris, "la vie parisienne", tumultua, ri e chora sôbre bilhões e bilhões de conchas vazias de amebas de greda, que, segundo os conceitos geológicos, não há muito ainda flutuavam na hodierna bacia do Sena. Assim se modifica a face da paisagem.

6) As amebas fazem casas de vidro e tornam-se radiolários

A figura 80 mostra-nos — naturalmente em esquema rudimentar — como a ameba se transforma em radiolário. O animal, dantes nu, estende braços para poder flutuar e, a partir daí, assemelha-se ao heliozoário bem conhecido dos possuidores de microscópio (2). Os braços escoram-se em eixos de ácido silícico (3) O sistema de hastes é pesado; para tornar-se mais leve, a ameba insere no plasma bôlhas de ácido carbônico. Estas ampliam a superfície-suporte e diminuem-lhe o pêso com o impulso ascensional. Uma bôlha de ar, contendo ácido carbônico, é uma estufa ideal para algas. Assim se estabelecem as amebas, ou as algas — não sabemos qual das duas hipóteses é certa — como simbiontes. Seja como fôr, a ameba rouba às algas o amido fabricado, e engorda. A gordura aparece em gotas que agem como balões (4). Trìplicemente aliviado pelos braços estendidos, pelas bôlhas de ácido carbônico e pelas gotas de graxa, o radiolário flutua. Para regular a ascensão, desenvolve fios elásticos que apertam ou dilatam os balonetes. Eis, em conseqüência, o primeiro aparelho flutuante munido de balonetes reguláveis (5). As gotas de gordura são nutritivas; o mar está cheio de sêres vorazes. Se a ameba deixasse as suas gotas de graxa desprotegidas tão perto da superfície, decerto não tardariam a aparecer animais para devorá-las. A ameba emprega vidro na construção da sua casa; nada mais fácil do que imitar os donos de jardins que eriçam os muros de cacos de vidro. Entre os raios do radiolário aparecem lascas de vidro; os raios rematam-se com farpas (5). Mas a ameba deixa passagem livre para os braços; daí as janelas. Estas aparecem numa disposição regular, ou em grupos; e, resultando elas duma cristalização, como os flocos de neve cujo desenho imitam, a fachada da minúscula casa assemelha-se à dum templo (6). Graças às camadas sucessivas de bôlhas de gás, tintas de verde pelas algas, e de gotas de óleo amarelado, o pequeno palácio de vidro é colorido como uma casa de chá do Extremo Oriente; além disso muitos radiolários usam jóias de estrôncio — ainda não se sabe por quê. O estrôncio é um "elemento-traço"; o radiolário tem de filtrar água do mar em quantidade de vinte milhões de vêzes superior à quantidade de estrôncio que retém.

O mundo dos radiolários foi trazido da obscuridade à luz por um homem que o destino designara presumìvelmente para essa missão: Ernesto Haeckel. Científica e artìsticamente apto para a tarefa, era

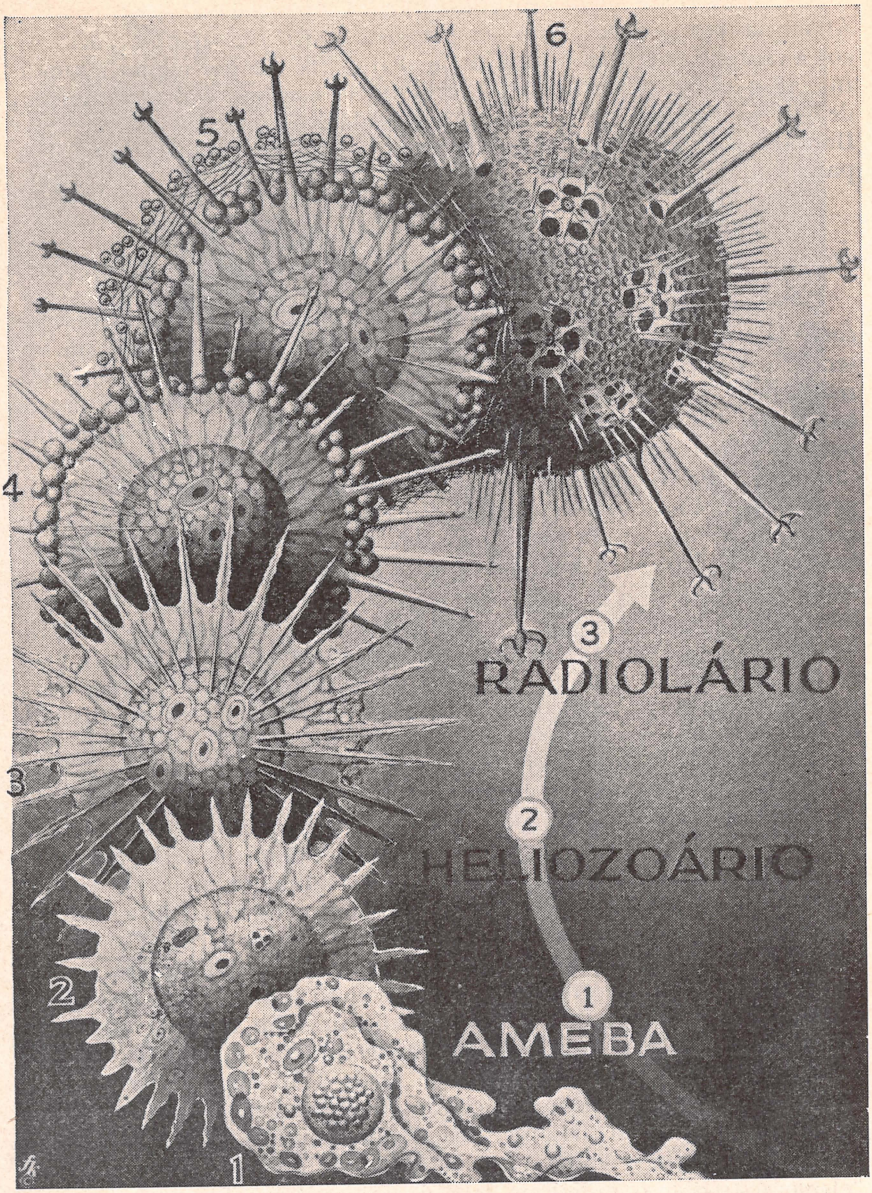


Fig. 80 — HISTÓRIA DA ARQUITETURA ENTRE AS AMEBAS, VI. A ameba edifica uma casa de vidro e torna-se radiolário. 1) A ameba colhe material de construção; 2) estende braços para todos os lados; 3) reforça-os com eixos de ácido silícico; 4) diminui o seu pêso com gotas de óleo e bôlhas de ácido carbônico; 5) adapta farpas às pontas das hastes e instala colônias de algas entre cristais delgados; 6) mantém-se em comunicação com o mundo exterior, por meio de grupos de janelas.

dotado de verdadeiro olhar profético para as grandes coordenações da natureza e podia, como ninguém, ressuscitar o passado com fantasia plástica. Depois de lutar anos a fio contra a oposição dum pai de mentalidade estreita, levou finalmente a melhor; abandonando a profissão de médico para ser zoólogo, seguiu com uma expedição aos mares do Sul, para "Insulinde", o Arquipélago Índico; e ali, com rêdes de profundidade e para planctos, recém-postas em uso, foi o primeiro a trazer à luz certos habitantes daqueles mares: radiolários, medusas, polipeiros. Fascinado pela beleza da colheita, Haeckel criou a obra esplêndida: "As Formas Artísticas da Natureza", uma das obras clássicas que jamais podem desvalorizar-se ou ser superadas; efetivamente, como os organismos que representam, elas são perfeitas; e a perfeição nunca é ultrapassada, seja ela o búfalo da era glaciária esculpido na parede duma caverna, ou o simulacro dum gato no antigo Egito. A obra de Haeckel serviu de modêlo a tôdas as representações de radiolários do nosso tempo, inclusive às nossas.

7) O plancto, mundo flutuante ao sabor das vagas

Lendo a "Odisséia" no idioma original, encontramos como primeira palavra do segundo verso o verbo grego "planchte" equivalente a "flutuou sem rumo", donde se derivou o substantivo "plancto" para o que flutua no oceano, à mercê das ondas.

A superfície do mar é ambiente propício para a vegetação. A irradiação solar é forte no espelho líquido, luminoso e isento de pó; há calor na água; animais e vegetais decompostos flutuam nela. Dêles se nutrem as bactérias que encontram, no mar, espaço ilimitado para se multiplicarem. As algas estabelecem simbiose com bacilos azotados. Nadam tantas algas à superfície do mar, que êste lhes toma a côr. As algas verdes dão ao Gôlfo Pérsico o seu famoso tom "esmeralda"; denominações como a do Mar Vermelho ou do Mar Amarelo, na China, provêm do colorido singular das águas, dado pelos vegetais e animais dos planctos suspensos nêles.

As algas são a caça dos radiolários que, em parte as devoram, e em parte as capturam e obrigam a trabalhar como "escravas", nos seus palácios de vidro. Entre os radiolários vagueiam as algas silicificadas, tão numerosas como os seus irmãos animais. Num litro de água do mar contaram-se seis milhões de diatomáceas; e, num litro de lôdo, cento e cinqüenta milhões de conchas de diatomáceas. Com as algas e os radiolários navegam — como vemos na figura 81, em *a* e *b* — os unicelulares, semelhantes a bóias (5), a gorros de marinheiro (6), a minas flutuantes (4), a âncoras (3). Alguns são verdes e vivem como plantas; outros nutrem-se como animais; muitos assumem alternadamente caráter de animal e de vegetal. Não se pergunte por que um animal é assim e outro, de forma diferente. Só considerando a natureza uma artífice que hoje sopra animaizinhos de vidro, faz amanhã bonecas de

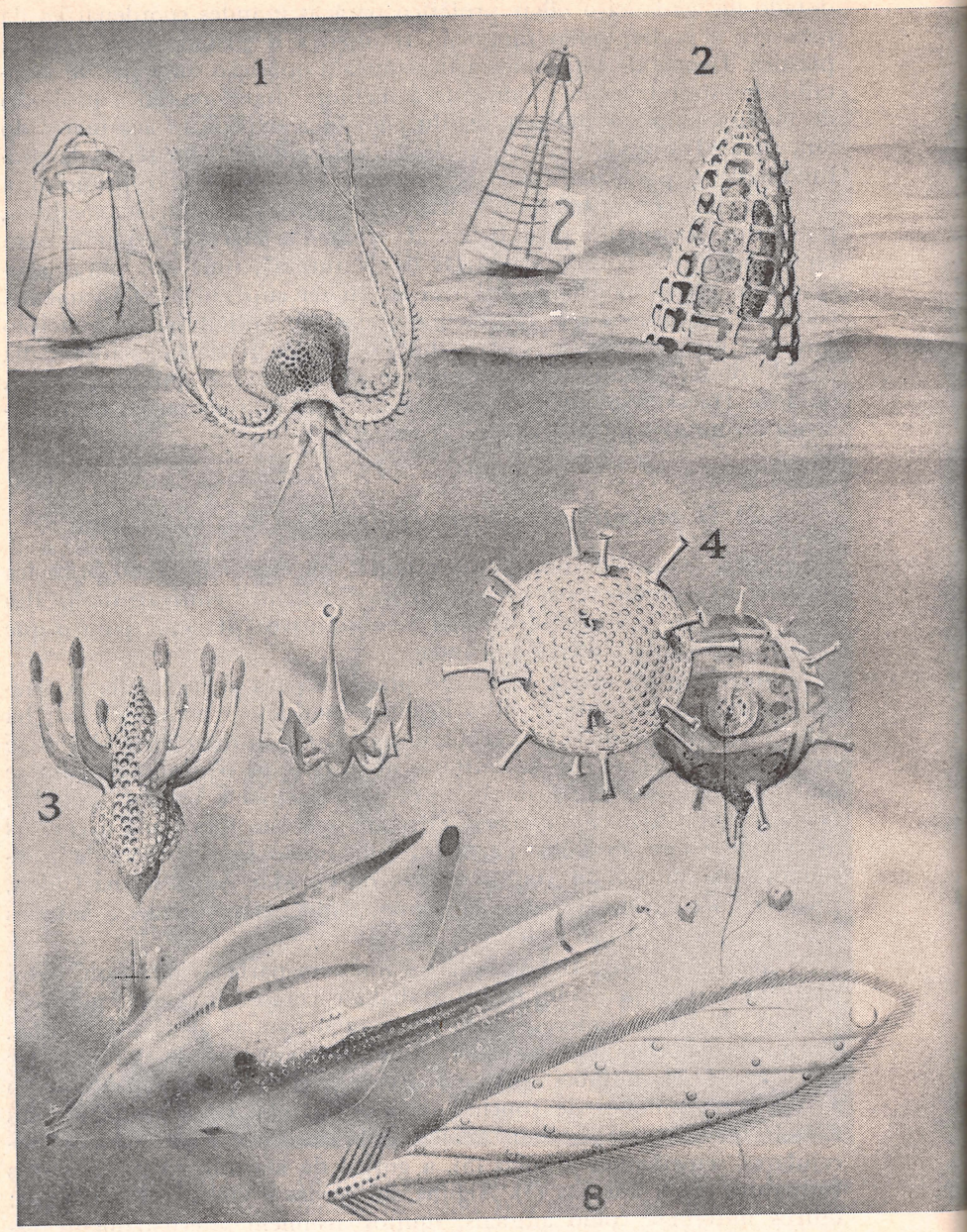


Fig. 81a — HIDRONÁUTICA NO MUNDO DOS UNICELULARES, I. Bóias, Minas, Âncoras, Submarinos.

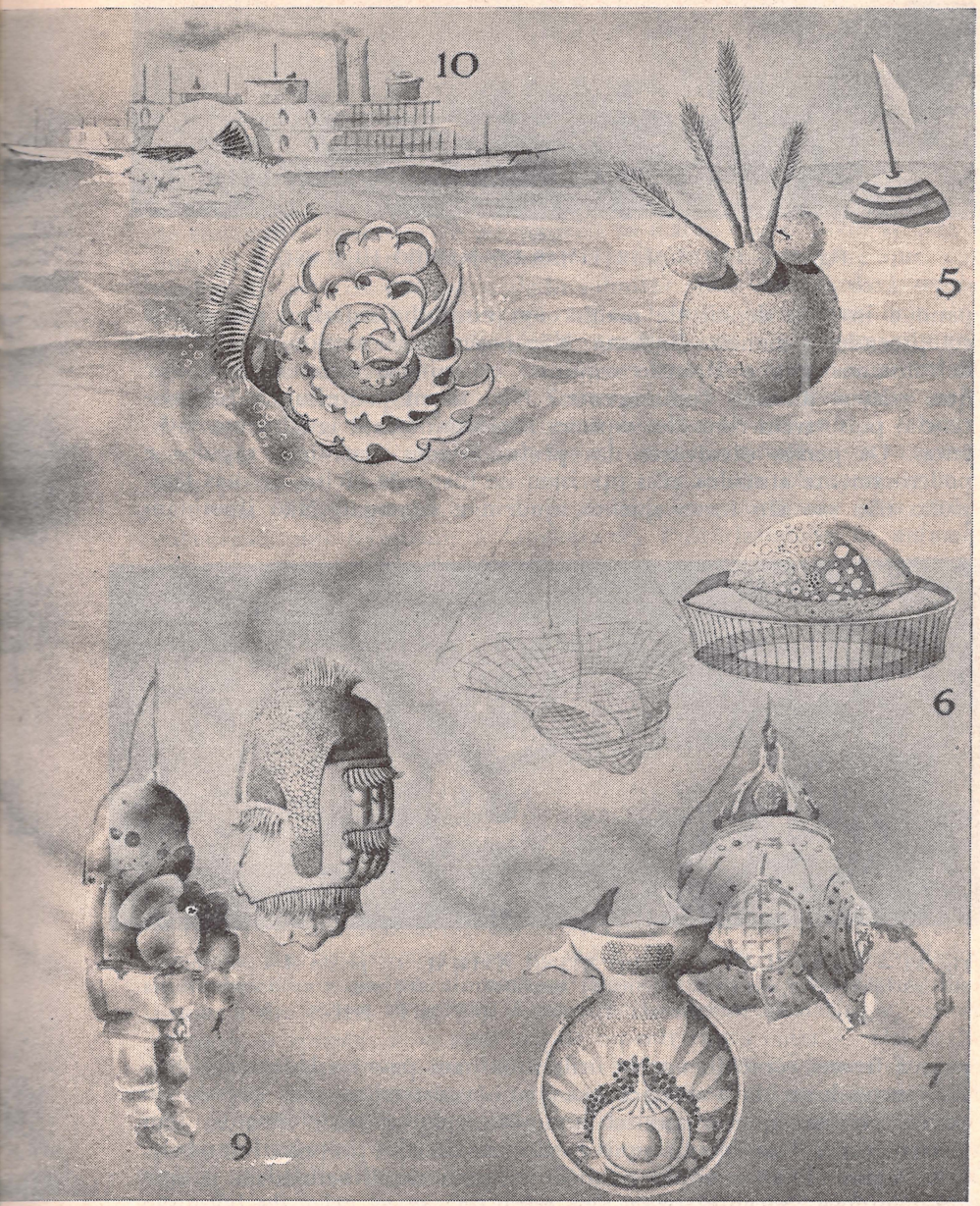


Fig. 81b — HIDRONÁUTICA NO MUNDO DOS UNICELULARES, II. Rodas de pás, Rêdes, Escafandros.

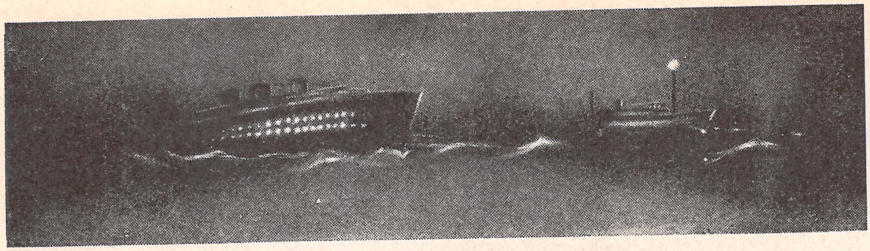


Fig. 82 — LUZES MARÍTIMAS DO MUNDO HUMANO.

pano e inventa depois de manhã um estojinho esférico, poderemos compreender à maneira humana. Não procuremos sentido, que já nos defrontamos com o absurdo seguinte: os animais fosforescentes! Por que existem animais fosforescentes? Não tiram proveito da fosforescência, pois vivem com êles espécies não-luminosas e igualmente satisfeitas. Os peixes carnívoros das profundidades marinhas, rápidos e poderosamente armados, não precisam de luz; com efeito, as suas lâmpadas não são tão fortes que os ajudem a enxergar. Não iluminam

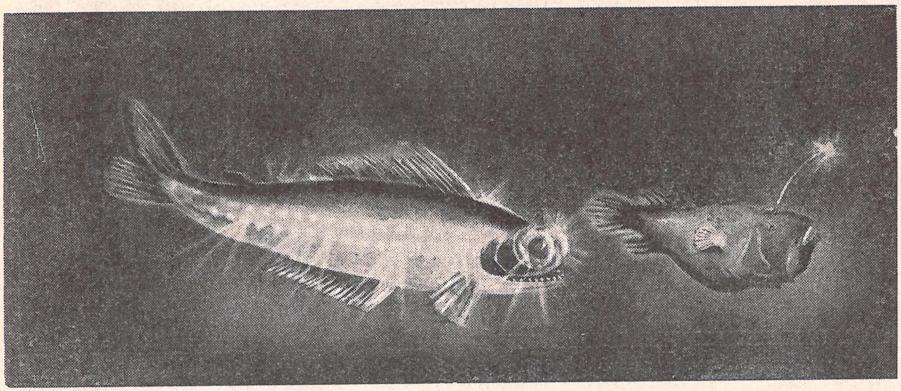


Fig. 83 — LUZES MARÍTIMAS DO REINO ANIMAL. Os peixes das profundidades marinhas navegam com iluminação semelhante à dos nossos navios através da noite. Não lhes falta sequer a lanterna do mastro.

para a frente, como lhes seria útil; iluminam para os lados (Fig. 83). Não necessitam da fosforescência, para assustar; as suas prêsas são peixes inermes que o animal luminoso apanha perfeitamente, sem lâmpada; e, até melhor, porque as vítimas são elas próprias luminosas. Seus órgãos de iluminação também carecem de "finalidade", já que êsses animais inocentes nada têm para ver: se as orlas da bôca são luminosas, os olhos estão situados muito para trás (Fig. 87). Muitas coisas belas se disseram da luminosidade do vaga-lume; nada, porém, que a esclareça. Uma espécie sul-americana dá uma luz tão forte, que

os índios caçam o inseto e o fecham em porongos vazios — lâmpadas de bôlso da Guatemala! Uma lagarta da América Central, denomina-se "bicho-comboio", porque traz em cada um dos seus segmentos, do lado de fora, uma janela com luz amarelada e, no alto da cabeça, uma lanterna côr de fogo.

No plancto, brilham várias espécies de radiolários, como o n.º 1 da figura 81; e diversos flagelados, dentre os quais o mais conhecido é a *noctiluca miliaris*. "Lamparinas aparecendo em massa", na época de enxamear, iluminam de tal maneira os mares, que o navio atravessa durante horas águas fosforescentes; espetáculo deslumbrante que, em verdade, a poucos mortais é dado admirar. Mas não tardará o dia em que companhias de navegação aérea levarão turistas ao mar iluminado, e os homens partilharão o privilégio até agora reservado aos gênios de se banharem na luz... a não ser que lhes ágüem o prazer as urticárias marinhas do plancto. A energia para a fosforescência pode derivar de duas fontes completamente diversas. Ora o animal é luminoso por si mesmo, como o vaga-lume; uma combinação com o nome bem pôsto de "luciferina" lampeja, quando se lhe oferecem água e oxigênio. A combinação com o oxigênio ocorre, mediante uma molécula-órgão, um fermento: a "luciferase". Pulverizando-se os animais luminosos, o seu pó brilhará se lhe acrescentarmos água; uma demonstração muito apreciada, em preleções sôbre os animais fosforescentes. Mais comum do que a autoprodução de fosforescência é a iluminação por meio de escravos: as bactérias. O animal acolhe como simbiontes bactérias fosforescentes e instala-as em órgãos-lâmpadas especiais, onde elas se acendem, às ordens do dono da casa, no momento dado. Não se indague por que entre milhares de espécies de bactérias é sempre uma a que brilha. Certas bactérias, que vegetam em carne ou lenho apodrecidos, brilham tanto, que à sua luz puderam ser fotografados bustos de mármore. Uma série de animais marinhos, que desenvolvem a sua atividade vital na escuridão da noite ou no fundo do mar, cativa bactérias fosforescentes, provê à instalação destas em determinadas regiões expostas do seu corpo, onde elas passam a brilhar, a serviço do senhor. As medusas trazem tais bactérias nas orlas; os radiolários, nos caixilhos das janelas das suas casas de vidro. Os peixes das profundidades marinhas dão-se ao luxo de navegar como transatlânticos, na escuridão noturna dos mares (Fig. 83). A técnica da iluminação atingiu, nesses animais, o apogeu; e — nem era de esperar outra coisa — êles realizaram as várias invenções da técnica humana. As lanternas são providas, por dobras da pele, de quebra-luzes, que regulam a intensidade da luz, e de holofotes giratórios; um dos peixes é munido duma lâmpada de baterias, enfiada num cabo comprido que se dobra, como o braço em espiral duma lâmpada de escrivaninha, e pode voltar-se na direção desejada. Tem-se dito que essa lanterna é um anzol, com isca luminosa, explicação errônea, decerto, mas que talvez inspire a alguém a idéia de fabricar anzóis providos de lâmpada. Para o peixe, a lanterna carece de qualquer valor biológico; é comparável aos lampiões

que pendurávamos às gôndolas, no nosso tempo de estudantes, passeando em noites de verão. Não os usávamos para iluminar, mas apenas para nos alegrar e chamar a atenção. Não éramos afinal mortais comuns; navegávamos com lanternas. Assim se exibe o peixe, com o seu enfeite luminoso: "Atenção: aqui vou eu, o fidalgo, o senhor peixe, que manda iluminar a fachada pelas bactérias suas servas!"

8) Os menores bebedores de plancto: as apendiculárias

Para poderem flutuar, numerosas criaturas do plancto enchem-se de gotas de óleo. O óleo é nutriente. Além disto, essas criaturas são relativamente ricas de cromatina e doutros ácidos nucléicos. Doze por cento da substância sólida da noctiluca são valiosíssimas gorduras fosforadas. No dizer de teóricos nutricionistas, que se ocuparam com o aproveitamento do plancto para forragem, a água do plancto dá o mesmo rendimento que um bom terreno cultivado, isto é, cento e setenta e cinco gramas de substância orgânica por ano e por metro cúbico. O plancto é um prado flutuante; e quem comparar as ilustrações: "Humo" (Fig. 2) e "Plancto" (Fig. 86 a) perceberá que está vendo, no álbum da natureza, dois irmãos. O solo da floresta é o plancto da terra firme; o plancto é o humo do oceano.

Assim como as môscas e outros insetos depositam os ovos na estrumeira quente do solo da floresta, de modo que êle fervilhe de vermes e de larvas, assim flutuam no leite do plancto as formas incipientes dos animais marinhos. As astérias, os ouriços do mar, as medusas, os crustáceos, os mariscos são, quando ainda larvas, animais microscópicos, de ordinário transparentes. Tal como em terra, no tempo de enxamear, os gafanhotos, as lagartas, as efêmeras aparecem e andam em bandos; de tempos em tempos o mar, defronte da costa da Califórnia, tinge-se dum vermelho purpurino, pela presença de miríades de crustáceos do tamanho da môsca; e quando o palolo, a nereida dos mares do Sul, com uma pontualidade ainda não explicada, durante o outono, em noites do último quarto de lua, emite à superfície do mar os seus produtos sexuais, as águas do arquipélago, até aí azuladas, convertem-se em leite. Nos lagos do Canadá, aparecem ocasionalmente pulgas aquáticas, em tais bandos, que as canoas se entalam nêles; e, nos trópicos, o plancto torna-se temporàriamente espêsso a ponto de afirmar um zoólogo que a hélice do navio funcionava com dificuldade nesse "creme".

Não admira que certos animais se tenham tornado bebedores de leite do plancto; animais pequenos, médios e grandes. Um representante dos pequenos é a apendiculária (Fig. 84), de tamanho não superior ao de nossa môsca miúda e tão transparente, que mal se descobriria num aquário. A apendiculária pertence aos tunicários, assim chamados porque envolvem o corpo numa espécie de manto ou túnica. Seria mais correto dizer: numa caixa, porque êles pendem na túnica

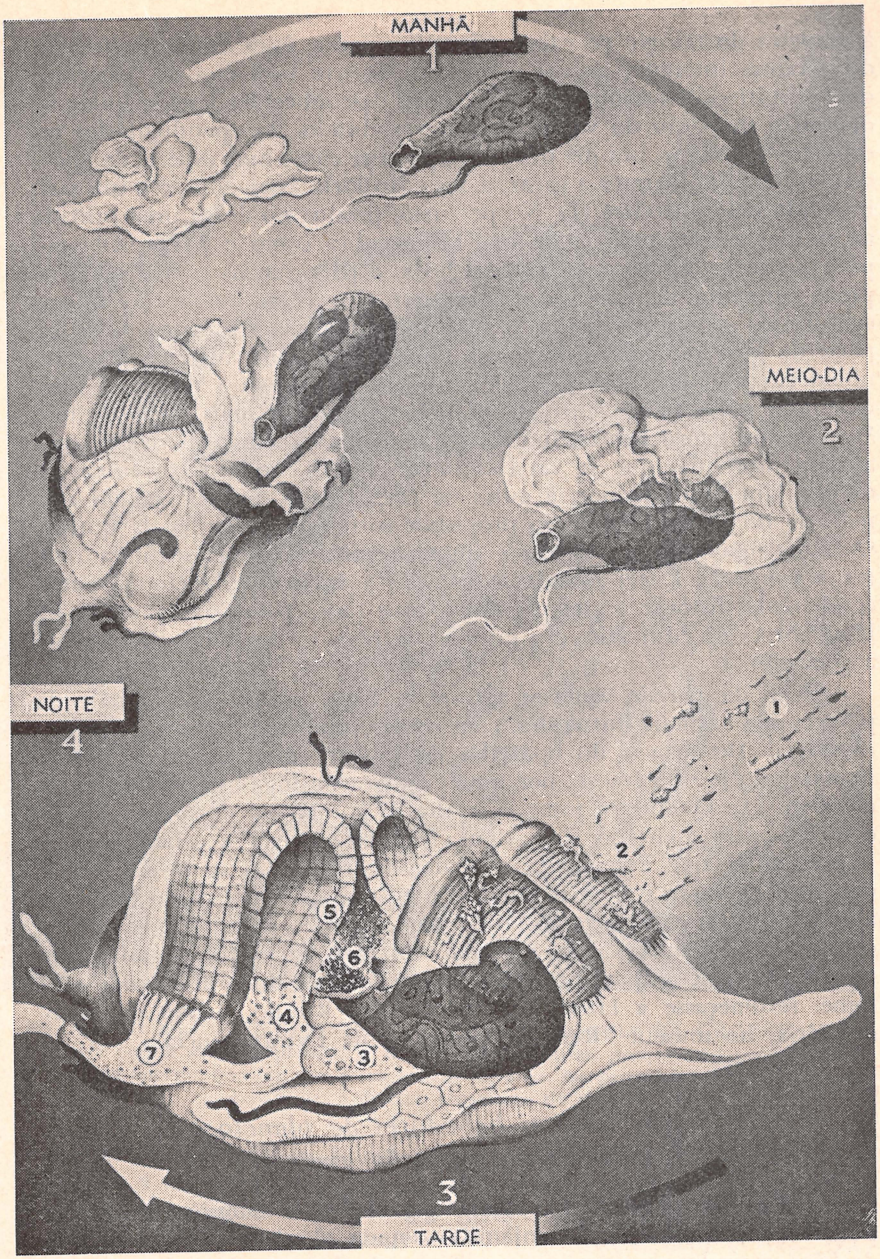


Fig. 84 — O MENOR BEBEDOR DE PLANCTO: A APENDICULÁRIA. O animal, mais ou menos do tamanho dum grão de arroz, arma um complexo aparelho de captura que renova diàriamente.

à maneira do relógio na caixa. Cientìficamente, êsses animaizinhos são do máximo interêsse, por se parecerem decerto com êles os "vertebrados primitivos", extintos e ainda hoje desconhecidos, pelos quais se operou a transição do verme para o vertebrado. As apendiculárias receberam êsse nome, porque trazem o apêndice como uma espécie de apêndice vermicular. Saindo a caçar, a apendiculária assemelha-se a um saco impelido pelo apêndice (1). No percurso, produz no dorso uma camada de células e solta-a de modo que ela a cubra como o pára-quedas ao pára-quedista (2). No espaço duma hora, o pára-quedas evolve no complexo aparelho de captura em prêto e dez vêzes menor do que o envoltório — animal tunicado. Na frente, o manto forma uma espécie de proa que vai cortando as águas. Na parede anterior, há duas rêdes, cujas malhas têm $^1/_{100}$ de milímetro de largura (2). Com elas, o animal rema ao encontro do plancto; o que fôr mais largo do que $^1/_{100}$ de milímetro fica excluído. O que atravessa a rêde percorre, com a água, um tubo que se vai estreitando, até 3, onde a correnteza se divide. Um braço menor, à guisa de corrente de turbina, sai do animal, de trás e mantém o fio propulsor oscilando na linha da quilha. O braço maior da correnteza é impelido através duma segunda rêde (de 4 e 5 a 7). Estreitando-se as malhas, a água do plancto, já então condensada, filtra-se a alta pressão. O que passa pelo crivo junta-se na bôca aberta do tunicário, e o mingau de plancto desce-lhe diretamente à goela (6).

A rêde da parede anterior entope-se logo, porque os animais do plancto são animais flutuantes, com cerdas compridas. Que faz a apendiculária? Descarta-se do aparelho de captura que se tornou inútil, irrompendo para a frente, por uma "câmara de fuga" perfurável entre os crivos (4). Quando a fome o assalta, o animal sai de novo a caçar, e incha outro aparelho. Esta figura nos faz menear a cabeça, com a impressão de que a natureza quis demonstrar como se ri dos nossos conceitos de razão e de economia. Transposto para o terreno humano, a apendiculária seria, digamos, o homem que indo jantar ao restaurante construísse um avião; que, voltando da casa de pasto, ao saltar em terra destroçasse o aparelho; e que, na manhã seguinte, acordando com fome, recomeçasse a fazer outro aeroplano. Rótulo abaixo da apendiculária, no museu: "Recorde Universal de Extravagância".

9) Os maiores bebedores de plancto: a baleia e o tubarão gigante

O maior dos peixes é o tubarão gigante; e o mamífero mais corpulento é a baleia da Groenlândia, dotada absoluta e relativamente de bôca mais larga, entre os mamíferos. A abertura dessa bôca, emoldurada de queixadas de vários metros de comprimento, vai de ôlho a ôlho. Em Hamburgo, estêve exposta num barco do Elba uma baleia, em cuja bôca tomamos café, a uma mesinha de jardim. Essa bôca des-

Fig. 85 — O MAIOR BEBEDOR DE PLANCTO: A BALEIA DA GROENLÂNDIA. A baleia engole sopa de plancto. É desprovida de dentes, porque não precisa mastigar; e tem enorme bocarra, que é sua concha de sopa. No primeiro plano, à esquerda, buzinetas; à direita, crustáceos do plancto.

comunal não tem dentes e leva a uma goela tão estreita que, mal dá passagem a um arenque. É uma perfeita concha de tirar sopa, a colher de sopa do plancto. O maior dos mamíferos, o dono da bôca mais larga, devora o menor dos seus semelhantes. Aliás, nem devora. Nadando no plancto, a baleia abre a bocarra de alta abóbada palatina, enche-a de sopa de plancto, cola a língua ao paladar e expele lateralmente o líquido, através das barbatanas (Fig. 85). Tudo o que fôr menos volumoso do que um grão de arroz escorre pelas suas nassas.

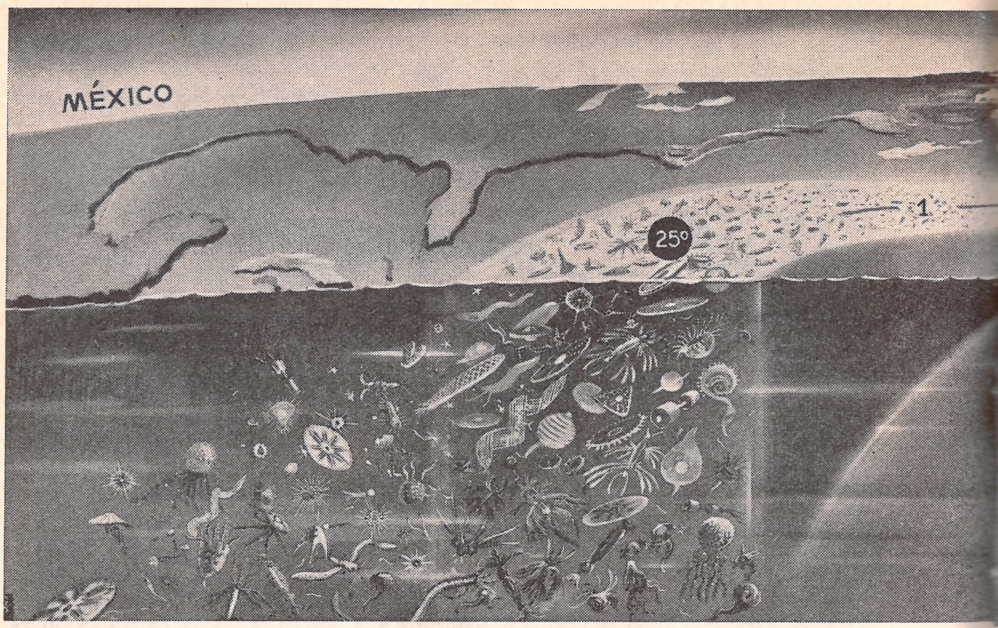


Fig. 86a — MORTE EM MASSA, DEFRONTE DA TERRA NOVA, I. O plancto do trópico acompanha o Gulf-Stream, a corrente cálida do Gôlfo do México, ao norte, até à Terra Nova.

Ficam os animais maiores do plancto. As guloseimas preferidas da baleia são os estrombos ou buzinetas, e os copépodes, que a figura nos mostra entrando-lhe na bôca. As buzinetas povoam os mares periòdicamente, em tais massas, que a água toma um tom lilás. Um copépode engole diàriamente cento e vinte mil algas silicíferas. Um arenque devora, como ração diária, cento e vinte mil copépodes, isto é, quatorze bilhões e quatrocentos milhões de diatomáceas — é esta a vida do mar. Como todos êsses sêres flutuam com o auxílio de gotas de óleo, as buzinetas contêm até vinte por cento do seu pêso em óleo. A baleia está cheia de óleo, porque as buzinetas estão cheias de óleo; e estas têm óleo, porque as radiolárias enchem de óleo os seus balonetes. Óleo de fígado de bacalhau é óleo de plancto.

Só de ouvir a palavra "tubarão", o homem tem arrepios; quanto mais, tubarão gigante! Mas êste é justamente um animal inofensivo. Não devora; vive, como a baleia, de sopa de plancto; como o esturjão de bôca larga, tão gordo porque toma o leite do oceano. Depois do que acabamos de saber, não é de duvidar que o profeta Jonas, arrojado do barco ao mar numa tormenta e boiando em pleno plancto, fôsse abocanhado e cuspido por uma baleia. Agora, que êle tenha vivido três dias no ventre do cetáceo é exagêro literário — como se alguém nos viesse contar que engoliu uma maçã, através duma piteira.

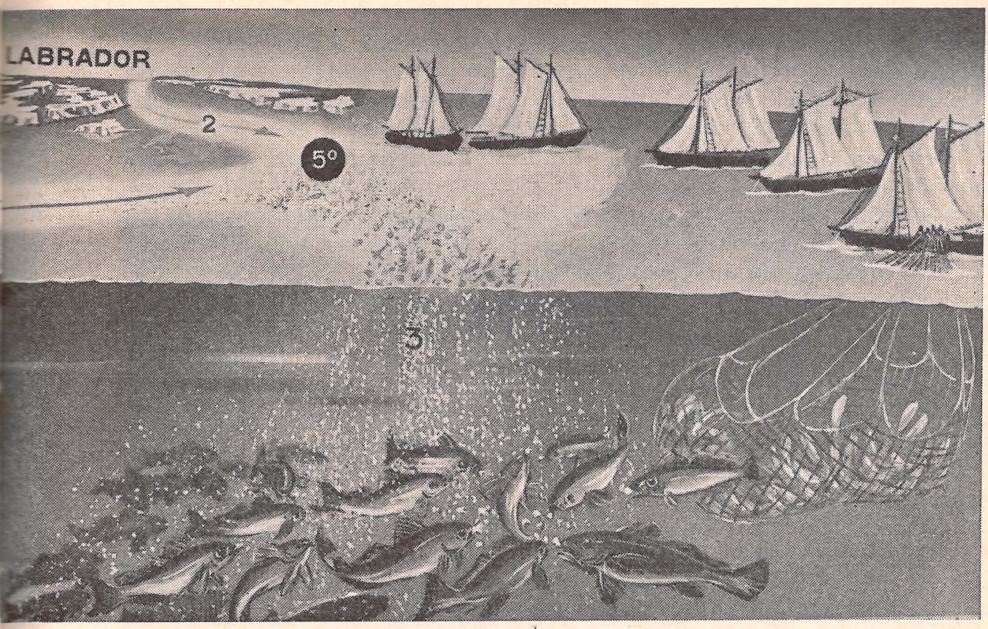


Fig. 86b — MORTE EM MASSA, DEFRONTE DA TERRA NOVA, II. Defronte da Terra Nova, o plancto tropical morre, na água fria da corrente do Labrador e afunda, como chuva de cadáveres.

10) Morte em massa de planctos e chuva de cadáveres defronte da Terra Nova

Há planctos de água doce e de água do mar, das águas tropicais e das águas nórdicas. As águas quentes dos trópicos favorecem o desenvolvimento do plancto. Sendo a água quente menos apropriada do que a fria para o suportar, o plancto tropical apresenta órgãos flutuadores maiores e mais bem feitos do que o plancto das regiões árticas. Um paraíso do plancto é naturalmente o Mar de Sargaço, calmamente estendido sob o sol ardente no Atlântico meridional, entre os braços da Corrente do Gôlfo. Do mar de Sargaço, o Gulf-Stream traga o plancto e leva-o ao longo da costa oriental da América para o norte (Fig. 86). Defronte da Terra Nova, a corrente quente esbarra na corrente fria do Labrador. Êsse encontro é para o plancto "geada, em noite de primavera". As bactérias morrem, como se alguém vertesse antitoxina no mar. Os radiolários encolhem os braços e afundam. Os fios propulsores dos flagelados giram devagar como a hélice de avião em velocidade reduzida; e aos pequenos crustáceos se entorpecem as perninhas. Todos naufragam tristemente no Estige.

A água fria afunda depressa. É um Niágara que se despenha no fundo do mar — não água, mas uma "bouillabasse"; como é bem de

ver, os peixes famintos acodem de tôdas as direções e banqueteiam-se regaladamente, numa autêntica orgia. Aproveitem, senhores pretendentes! Ali, à parede, Odisseu entesa o arco. Apressem-se, comilões, que é a sua última ceia! Aí vem a sombra do devorador-mor!

Êles aproximam-se com velas brancas, quais arautos de paz dum mundo melhor. Mas, traiçoeiramente, os veleiros deitam as rêdes, êste um extremo, aquêle o outro; depois os pescadores puxam lentamente as malhas e os peixes vorazes sobem do fundo, devorando ainda na morte, continuando a devorar até ao último alento, debatendo-se aos milhares, agitando as barbatanas e as caudas, rumorejando como legião de anjos em vôo — mas em vôo para a morte. Essa dança macabra de massas, êsse estridor de guelras, êsse fulgor de escamas, a voracidade das bôcas já meio asfixiadas, os olhos que incham mais e mais esbugalhados, é cena que jamais esquece quem a presenciou; é quadro que lhe amarga para sempre a alegria pura da gastronomia, que induz a perguntar como chegou a vida na terra a tomar feição tão perversa que, para poder viver, a criatura tem de causar a morte de milhares doutras criaturas. E tôda vítima vive com a mesma voracidade que o assassino; e revolta-se desesperadamente contra a injustiça que sofre, até ao derradeiro instante da sua vida, da sua bela vida.

11) Vala comum no fundo do mar, e os coveiros dos despojos

Os peixes não podem absolutamente devorar tantos planctos quantos se formam; em conseqüência, os cadáveres de vegetais e animais chovem sem interrupção, de camada em camada aquática, até ao fundo do mar. O fundo do mar está coberto dêsses despojos, denominados lôdo de globigerinas, quando prevalecem os animaizinhos de greda: lôdo de radiolários onde há radiolários; e terra de diatomáceas quando as algas silicíferas constituem o elemento principal. O mar assemelha-se à sopa na terrina: em cima gordurosa, porque a gordura sobrenada; embaixo, espêssa, porque a cevadinha se acumula no fundo; no meio, rala (Fig. 87). O mar é densamente povoado à superfície, porque ali vive o plancto (1); coberto de opulento depósito no fundo porque ali jazem os cadáveres do plancto (4); pouco habitado nas camadas intermediárias (2 e 3). A vida nas profundidades marinhas, essa vida que se supõe movimentada e dramática, pode resumir-se no seguinte: uns juntam o lixo; os outros comem os lixeiros. Efetivamente, o animal do fundo do mar só tem a fazer o que faz a baleia à superfície: abrir a bocarra e acumular no estômago os restos suculentos. Lá se desenvolveram, com efeito, peixes que não são senão bôca e estômago — bôcas relativamente mais largas do que a da baleia, porque êsses peixes constam apenas da bôca enorme, apensa a um corpo pequeno (Fig. 87). As bôcas grandes são inofensivas. Não se cometa o êrro de pensar que um animal é perigoso, porque tem a bôca larga; a

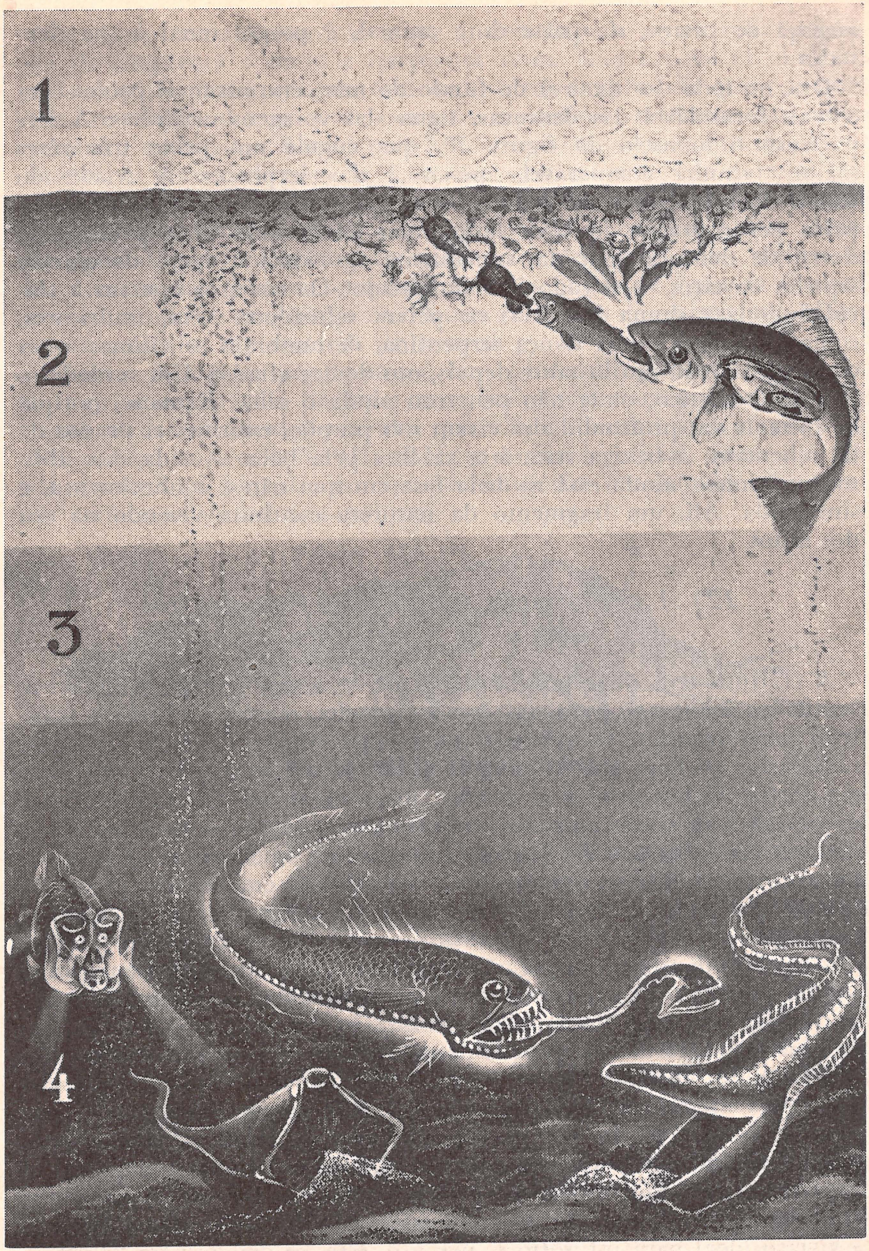


Fig. 87 — OS COVEIROS DO PLANCTO. Os restos mortais do plancto cobrem o fundo do mar e são recolhidos por grandes bôcas desdentadas que, por seu turno, constituem comida nutriente de peixes salteadores, dotados de forte dentadura.

ameaça de perigo, da parte dum animal, é proporcional à sua dentadura.

Ora, ao lado dos lixeiros do fundo do mar, encontramos peixes com a mais formidável das dentuças, tigres das voragens marinhas. A êles pertence o monstro da figura 70, que engole um peixe três vêzes maior, façanha comparável apenas à das serpentes. A tríade do fundo do mar é esta: a *"papa"* dos restos mortais do plancto, comida pelos *peixes-dragas* de bôca larga, mas desdentada e os *peixes-caçadores,* de dentuça aguçada, sumamente agressivos e ágeis, devorando aquêles coveiros — e tudo isso iluminado! Os coveiros operam à claridade opaca duma luz fria; os peixes salteadores vêm, multicores, como bailarinas duma dança serpentina, deslumbram as vítimas antes de as apertarem, um instante depois, nos dentes afiados. Um verdadeiro mundo fantástico, onde não penetrou ainda o olhar humano, porque os animais das profundidades vivem sob pressões enormes e, tirados de lá, rebentam; a bexiga natatória sai-lhes pela bôca. A vida, nos abismos marinhos, ainda está na bela fase em que não é conhecimento, e sim lenda. Ali, um fragmento da natureza continua vivendo na era dos mitos.

12) A organização transfere-se para dentro; origina-se o infusório

A criatura tem duas possibilidades de se armar contra o ambiente hostil: ou manter-se fraca, tal como a ameba, o que a obriga a construir uma couraça, tornando-se assim alga silicífera, ameba calcária, radiolário; ou ficar sem blindagem e, em vez de se proteger com abrigos fortes; fortalecer-se a si mesma, tornando-se ativa, criando órgãos de movimento, sendo agressiva, inventando armas; e, para as manejar, desenvolvendo órgãos dos sentidos, aguçando a inteligência. Para ações prontas, faz-se mister um metabolismo ligeiro: em vez do plano de sustentação passivo, o ser adquire fibras musculares ativas; as agulhas inanimadas cedem o lugar a nervos sensíveis; as gotas de óleo paradas são substituídas por um coração palpitante. Aos braços estendidos e inertes sucedem cílios móveis. Assim se originaram os animais de pestanas, os "ciliados" ou, animais de infusão, infusórios, como são denominados vulgarmente, porque dêles também, como das bactérias, dos lêvedos e do bolor, se desprendem formas sólidas, os espórios, que vão adejar na atmosfera. E não podemos trocar um apêrto de mão, inspirar uma golfada de ar, comer uma fôlha de salada, apanhar dum prato uma fatia de bôlo, sem encontrar nessas superfícies pegajosas um depósito de espórios de infusórios, quase todos inofensivos, porque o estômago ácido do homem não é aquário de infusório. Mas o aquário é viveiro ideal para infusório e, por isso, êstes se denominam "animais de infusão". Onde se deita água sôbre ervas, feno, cascas de frutos ou estrume, êles aparecem dentro dalguns dias; e, quanto mais turva fôr a água, tanto mais rico, mais belo e mais animado é o mundo que,

mesmo com um microscópio comum, descobrimos numa gôta ampliada de cinqüenta a cento e cinqüenta vêzes. Não é possível obter na vida diversão mais preciosa, com meios mais simples, do que por obra das "recreações dos insetos", como as denominou errôneamente o seu primeiro admirador Roesel von Rosenhof, tomando os infusórios por insetos. O mundo da gôta de água não substitui o mundo da tela; mas nenhum cinema pode proporcionar alegrias tão vivas e deixar impressões tão duradoras como o cultivo de infusórios nalguns vidros cheios de água de proveniências diferentes, vasos de flores, valos, calhas de estrumeiras nas granjas, tanques, banhados, poças de água da floresta, e o seu estudo ao microscópio nas suas várias fases de maturidade. Não é um espetáculo; são semanas de festival.

Tomar infusórios por insetos é êrro perdoável, porque o povo dos infusórios é tão rico de tipos e o seu comportamento assemelha-se tanto ao das criaturas superiores, que não o cometeu só o gravador de Nüremberg do século XVIII; também a ciência oficial, quase até fins do século XIX, persistiu em ver nos infusórios um mundo liliputiano de vermes, salamandras e pólipos.

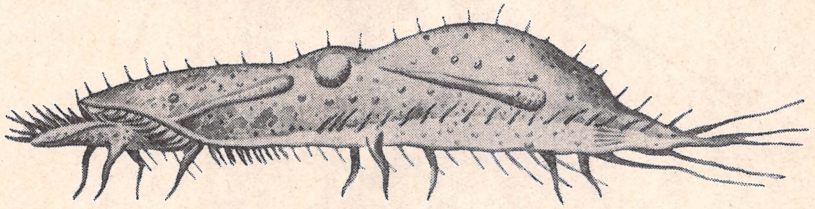


Fig. 88 — TIPO DE INFUSÓRIO.

Ainda hoje se discute se é acertado considerá-los unicelulares e alvitra-se para êles uma classificação especial. Mas, desde que se denominam unicelulares, organismos superiormente evolvidos como as algas silicíferas, os radiolários, as células turbiniformes, não se pode traçar arbitràriamente uma linha de separação entre êles e os infusórios, porque êstes atingiram uma organização mais completa. Nêles a faculdade do plasma de se diferenciar, no âmbito duma célula, é duplamente significativa só porque, ao contrário da alga passiva, o infusório é animalmente ativo; e, ao contrário das amebas calcárias e radiolários encapsulados, — semelhantes ao pescador de praia — o infusório é ativo e agressivo como o baleeiro, ou a variedade mais moderna de assassinos esportivos, os archeiros aquáticos.

As figuras, 88 e 90 a 92, apresentam-nos alguns dos infusórios mais comuns encontradiços em qualquer infusão orgânica. O primeiro, na fig. 88, corre como a lacraia, tem defensas nos flancos, um remo atrás e, na frente, a bôca por onde faz redemoinhar as prêsas ao "estômago", mediante as barbas.

A figura 90 mostra a "vorticela", a campanulária que oscila no seu pedúnculo, à maneira de flor campanulácea, às vêzes isolada, mais fre-

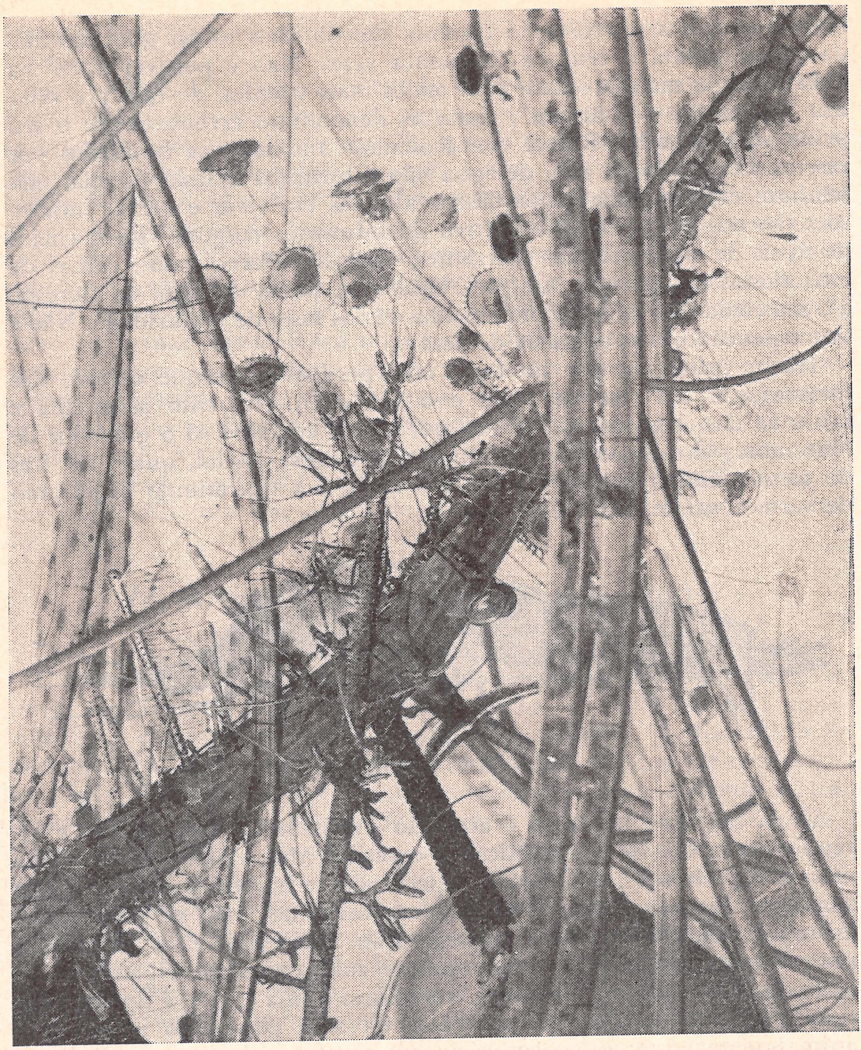


Fig. 89 — VISTA DO MUNDO DO INFUSÓRIO. Aqui vemos uma colônia de campanulárias, instaladas em longos filamentos de algas verdes. Muitos daqueles infusórios têm os cabos enrolados em espiral. Não é uma cena da natureza; é um modêlo artístico de vidro.

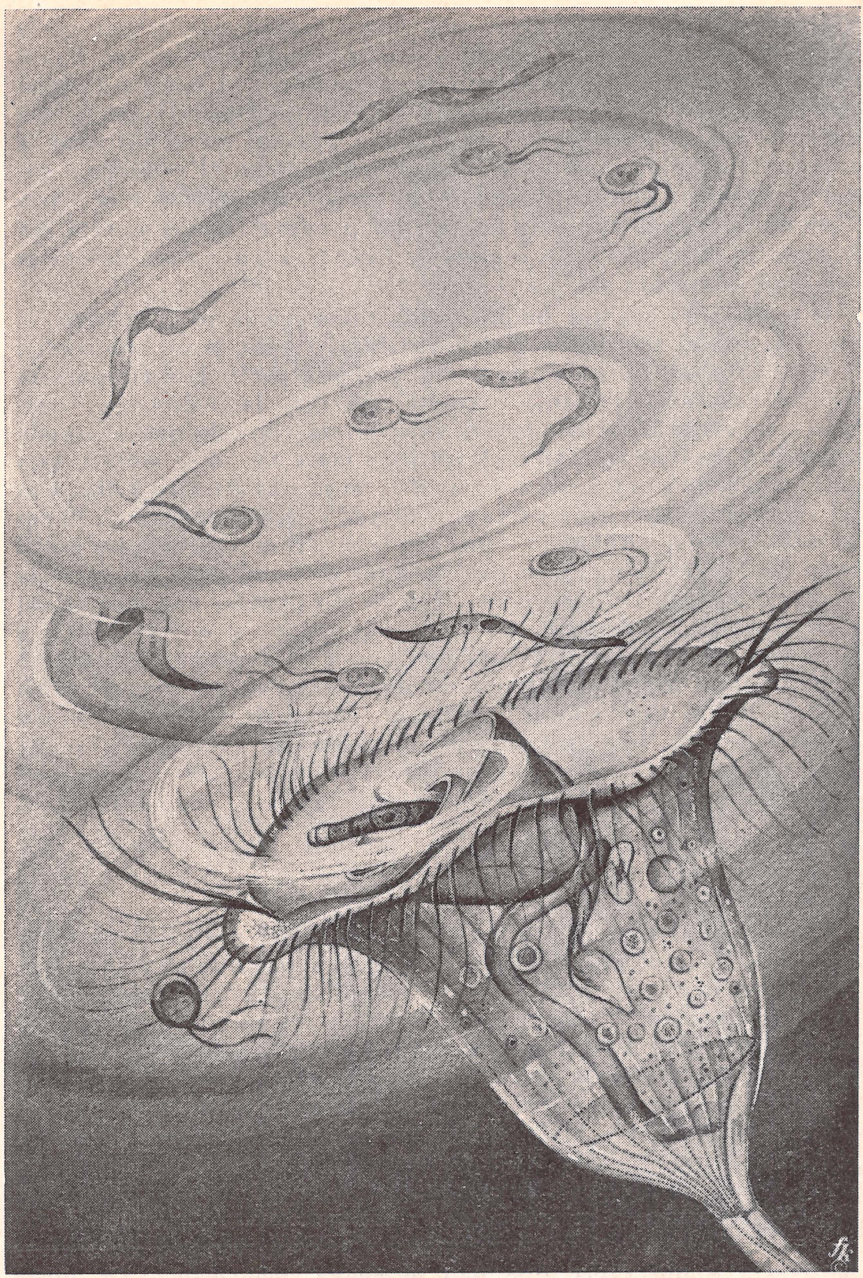


Fig. 90 — A CAMPANULÁRIA VORTICELA. Do "Mundo da Gôta d'água".

qüentemente em ramos. Cada uma dessas campainhas é uma goela voraz, de cílios vibráteis; e, tudo o que, em largo raio, se aproximar dela, vai redemoinhar para dentro desse Caribdes. No interior da campainha, um tubo recebe e digere a prêsa; e, de quando em quando, um vacúolo, isto é, uma espécie de coração, aparece, para distribuir a substância digerida e eliminar a parte inassimilável. O pedúnculo envolve filamentos que, nas ocasiões de perigo, estremecem e se encolhem numa espiral, afastando assim a campainha do que a ameaça. Sobram, com efeito, inimigos capazes de comê-la, como a vaca devora as campânulas vegetais.

A reprodução opera-se simplesmente: como nas plantas: aparece no ramo principal um botão e dêle desabrocha uma nova campainha. Solta-se às vêzes, flutua e fixa-se em qualquer parte. E o cruzamento de que o plasma, entretanto, necessita? Um dia, chega de longe, como o pássaro maravilhoso das lendas, uma jovem vorticela que se instala no tronco doutra mais velha. A vorticela nova não só se arraíga, mas encurta o pedúnculo, entra e desaparece no plasma da mais velha. Um ser insere-se noutro ser e deixa-se "devorar". "Eu te comeria!", dizem as mães, no seu carinho infinito, aos bebês; e os apaixonados exclamam no êxtase: "Pudesse eu confundir-me contigo!" Não são palavras vazias; é a expressão do anseio veemente do plasma, por uma união mais completa. O homem, ser de grande porte, só o pode sentir e exprimir; ou inventar sêres sublimes a que se consagra moralmente com votos, ou materialmente em sacrifícios místicos, tal como se sacrificaram o Rei Codro ou Ifigênia. Na "Noiva de Corinto", Goethe tratou êsse tema, com arte singular. No reino dos unicelulares. a imolação voluntária do indivíduo, no interêsse da espécie, ainda é possível e se realiza na reprodução da vorticela.

13) O infusório nasce vivo

A acineta parece-se com a vorticela (Fig. 91). É um cálice de haste comprida, cheio de plasma espumoso e lembra as nossas taças de creme (1). Como nestas, naquela também mergulham longos canudos que dizem ao passante: "Chega-te e regala-te" (2). Na realidade, êsses tubos de sucção deitam à água materiais que atraem a vítima (3). A natureza, porém, não é uma instituição de caridade; e o animal não seria o animal, se oferecesse o seu plasma a outrem. Os tubos de sucção são pegajosos e venenosos. Mal o guloso toca o primeiro, os tubos vizinhos curvam-se para êle, e lá cai a prêsa, como a môsca desprevenida se deixa apanhar pelo tapête doce e mortífero da drósera carnívora (Fig. 54). Sempre a mesma meia dúzia de ardis com que, na natureza como na humanidade, os inocentes são atraídos pelos perversos à armadilha. A acineta é um cálice que não se esgota, mas esgota. Os tubos segregam um veneno que paralisa o animal incauto. Ei-lo agora, prêso e narcotizado, na mesa de operação: começa o tratamento do curan-

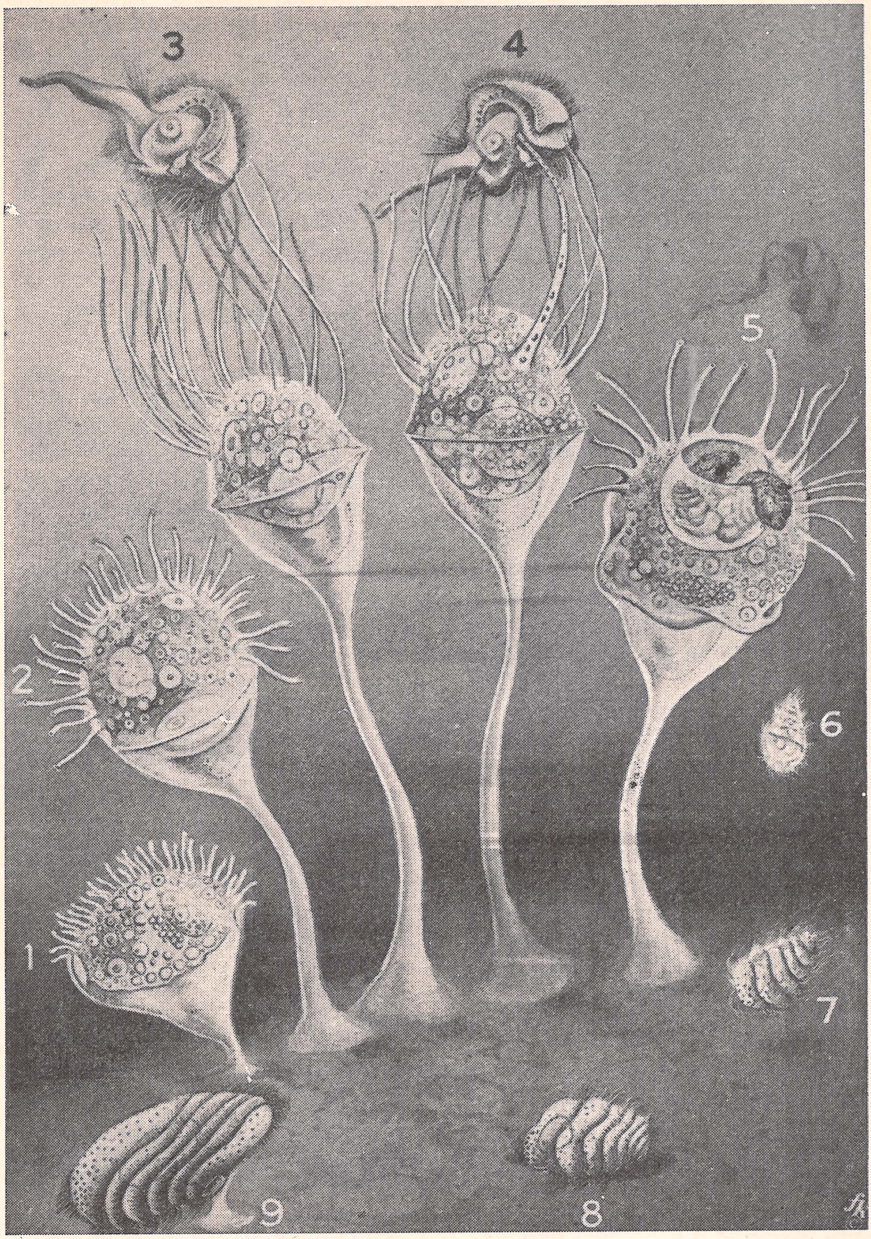


Fig. 91 — VIDA DUM UNICELULAR. A acineta, o animal cáustico (1) desenvolve um pedúnculo (2), cativa a prêsa, com anzóis corrosivos (3), narcotiza a vítima (4). Gera filhos vivos (5), que perambulam (6 e 7), antes de se fixarem (8), criando pedúnculo (9).

deiro (4). Um tubo se insere como uma cânula no abdome do paciente e injeta-lhe suco gástrico que lhe dilui o intestino. A acineta chupa sossegadamente o suco nutritivo da vítima ainda viva. Saborear prêsas vivas é requinte para os gastrônomos de tôda classe de animais; une à novidade do sabor, a excitação do prazer sádico do sofrimento e das convulsões da vítima. Quem não sentiu parar o coração, à vista do gato de estimação, com um passarinho entre as prêsas? O gato não o devora, sem ter o orgulho de exibir o troféu ao dono, no vestíbulo da casa, sem correr o olhar triunfante entre a prêsa abocanhada e o seu senhor. E como sacode a vítima, já quase morta, incitando-a a se debater mais e mais! Não é a fome o que o impele, pois não lhe falta o que comer.

Depois de engordar com essas rapinas continuadas, a acineta se reproduz. Como a envenenadora que trabalha com taças de creme, varas enviscadas, tóxicos, narcóticos e cânulas, naturalmente medra, não se contenta com a produção normal dum filho, põe no mundo quadrigêmeos; não, porém, segundo o método "burguês" da segmentação de células. Mediante processos complicados, o núcleo no centro do cálice divide-se em vários núcleos; cada um dêstes rodeia-se da sua parte hereditária de plasma. E agora vem o "clou": no meio da célula, abre-se uma cavidade, uma matriz onde as jovens células se acomodam e amadurecem. Abre-se depois um canal genital; por essa via, os filhos se apartam da célula-mãe e seguem para a vida. Um infusório, o filhote vivo, entra no mundo (5).

Os filhos assemelham-se tão pouco à mãe que, a princípio, tiveram classificação especial. São animais ciliados e vivem perambulando (7); só depois duma mocidade desregrada, sossegam afinal (8); criam pedúnculo (9) e tornam-se iguais à mãe (1).

A biogênese dá-nos a explicação da história dessa primeira idade: a história do indivíduo é a repetição da história da sua espécie. No princípio da sua história, as acinetas não viviam sôbre hastes. Estas são conquista posterior dum infusório cujos antepassados redemoinhavam na água, à maneira primordial dos infusórios ciliados.

14) Infusórios atacam infusórios

Na figura 92, vemos o mais "comum" dos infusórios chamado, em razão do seu feitio, animal-chinelo; a sua superfície é apainelada, em forma de hexágonos. No centro de cada painel há uma abertura, a qual — nem outra coisa seria de esperar nesses animais — é uma seteira, a bôca dum canhão. O paramécio é uma fortaleza flutuante. Em cada tubo, há uma flecha fabricada no interior da célula. O núcleo cede diminutas partículas da sua cromatina, òbviamente gens necessários para a produção. As flechas são elásticas e — enquanto fechadas no cano — comprimidas como molas entesadas, estendem-se ao serem expelidas. A ponta do projétil viscosa e envenenada, crava-se

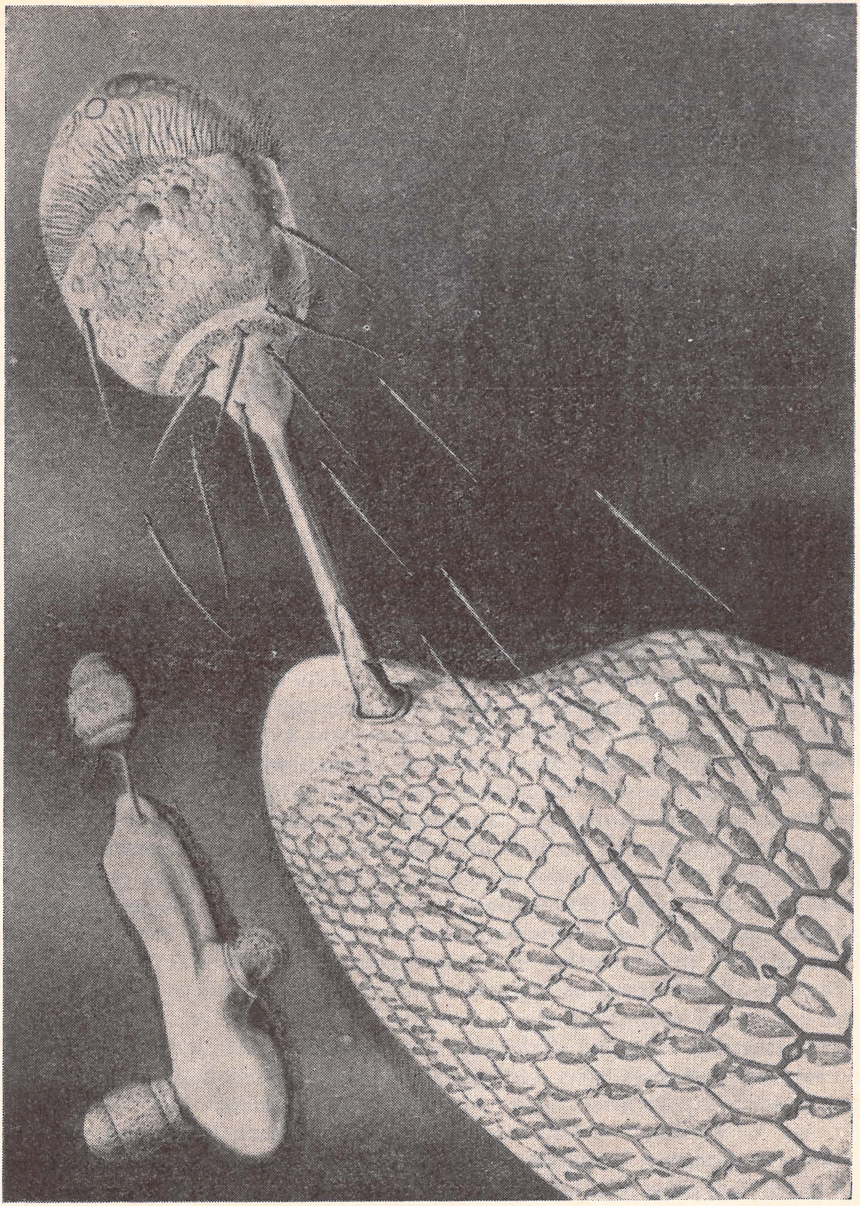


Fig. 92 — LUTA ENTRE DOIS INFUSÓRIOS. O Paramécio é uma fortaleza flutuante. Desfere flechas envenenadas. Os *didiniuns* atacam em grupo (esquerda) e, com as longas trombas, sugam o plasma do Paramécio.

no corpo do inimigo e paralisa a vítima atingida. As "flechas envenenadas" não são invenção dos índios.

O inimigo jurado do paramécio é o "Didinium nasutum", isto é, um animal "narigudo", porque pode pôr a goela de fora e revirá-la como uma tromba — uma arma equivalente às flechas do paramécio, pois o *Didinium* também é aljava, com o fundo guarnecido de setas.

O *Didinium* assesta a tromba e despeja contra o adversário uma saraivada de flechas. Trava-se assim um verdadeiro duelo de artilharia, entre o grande navio de guerra paramécio e os pequenos torpedeiros do *Didinium*. O *Didinium*, muito menor do que o paramécio, agride o inimigo, em massa, sob a proteção do fogo cerrado, aproxima-se sorrateiro e, esvaziada a tromba, utiliza-a como arma branca. Agarrado por sucção à pele do paramécio, nada para trás, sem o largar, abre na extremidade da dobra agarrada um furo e, através dêste, suga o plasma do corpo vivo do inimigo.

Sabendo-se dessa batalha naval, compreende-se que um pesquisador tenha dedicado a vida ao estudo do paramécio: Jennings. E valeu a pena, porque Jennings chegou às seguintes conclusões: os paramécios vivem em rebanhos ou "clãs". A mãe-paramécio, depois duma existência de mais ou menos doze horas, divide-se em dois filhos; êstes, depois doutras doze horas, dão-lhe quatro netos; e assim por diante. Os membros dessa estirpe trazem todos o mesmo sinal distintivo: são da mesma idade e do mesmo sexo. Durante dez semanas, dividem-se ativamente; é a infância. Nesse período, não estão sexualmente maduros. Depois chegam à puberdade e começam a acasalar-se — não entre si, porque são do mesmo sexo. Procuram, pois, paramécios doutra raça. Se o clã fôr bem alimentado, a maturidade sexual manifesta-se precocemente, e a vida sexual é ativa. Restringindo-se a nutrição, pode passar-se um ano antes que as células acusem sexualidade. A união de paramécios jovens dá boa descendência; do acasalamento de paramécios mais velhos derivam descendentes menos valiosos. Há entre êles, não dois, mas oito tipos sexuais; e nunca se juntam dois paramécios do mesmo tipo. Quando os membros do clã envelhecem, declina a sua sexualidade; os intervalos entre as segmentações tornam-se mais prolongados. Finalmente os paramécios dêsse clã morrem — todos, mais ou menos na mesma época.

Da descoberta do clã deduziu-se que o infusório isolado é um indivíduo independente, mas existem cópias dêle. Vivem trinta mil irmãos gêmeos dêsse paramécio. Êsses animais são comparáveis às fôlhas duma árvore; como estas, os paramécios desprendem-se do tronco na mesma época, e morrem. Também é possível considerar o clã uma criatura pluricelular, cujas células vivem livres — um equivalente das amebas do grupo dos fungos mucilaginosos que vivem livres, meses inteiros, a ponto de dar a impressão de estarmos vendo criaturas independentes; mas um dia, acudindo a um chamado geral, a uma convocação, reúnem-se em família. Mesmo entre animais superiores, não se extinguiu essa relação entre o indivíduo e a raça. Os gafanhotos reúnem-se e

viajam; os pássaros juntam-se em bando, como por ordem secreta, em dias determinados; o rato, o lemingue emigram em exércitos; as enguias, os arenques, os salmões fazem excursões de desova; lagartas aglomeram-se em "bicho-exército"; o tropel de milhares de cavalos e búfalos reunidos nas estepes, faz tremer o solo. Na humanidade também não se extinguiu o instinto da vida errante e manifesta-se em "migrações de povos"; as migrações dos homens de Neandertal, dos súmeros, dos hicsos, dos persas e dos partos, dos gôdos, dos hunos, dos árabes e dos turcos, dos beduínos na Ásia, dos bantus na África, são êxodos de massas que não têm absolutamente causas políticas e sim causas biológicas. Provàvelmente a irrupção de epidemias, nas quais uma determinada espécie de bactérias percorre a terra, de país em país, e, como gripe, lepra, morte negra, assola a humanidade, é também uma "invasão de bárbaros" de bactérias tomadas sùbitamente do impulso nômade e do instinto da reprodução. A ação de massas é um fenômeno da vida.

15) Os infusórios agridem animais maiores; tornam-se simbiontes e parasitas

Onde haverá "infusão" melhor do que no intestino dos animais? Em que líquido poderá o infusório sentir-se mais à vontade do que no fluxo quente do sangue? Por que, então, o abandona? Apenas para mudar de anfitrião, antes que êste, esgotado, seja um cadáver frio. Numerosos infusórios tornaram-se hóspedes do animal; e — como acontece ao homem que passa bem demais — a super-nutrição os faz degenerar. Redemoinhar por que, se a comida sobra? Em conseqüência, o infusório perde os cílios característicos. Para que o vacúolo impulsionador se o alimento é tão abundante que embebe a célula? E lá se vai o "coração palpitante". O infusório torna-se mais simples; tão simples, em verdade, que já não se pode dizer o que são êsses parasitas e donde derivam. Apenas o "fio de Ariadne" da história da evolução, a biogênese, nos permite sondar històricamente o passado e reconstruir, mediante as transformações do indivíduo, a história da sua espécie.

Não há animal em que não se encontrem, simultâneamente com bactérias e vírus, os unicelulares do tipo da ameba, do infusório, da alga, da alga flagelada, do animal flagelado e dos seus descendentes. A maioria é inofensiva e tem o nome de simbiontes. Os nocivos recebem a denominação criminal de parasitas.

A figura 93 apresenta três hóspedes do corpo dos mamíferos, muito comuns nêle ao lado das amebas. No alto, vemos o causador da malária numa das suas numerosas formas transitórias: quando passa do estômago cheio de sangue do mosquito (que se infeccionou com uma ferroada através da parede estomacal), às glândulas salivares do inseto. No meio temos, semi-esquematizado, o tipo fundamental do espírilo, o animalzinho espiralado. À classe dos espírilos que talvez derivem

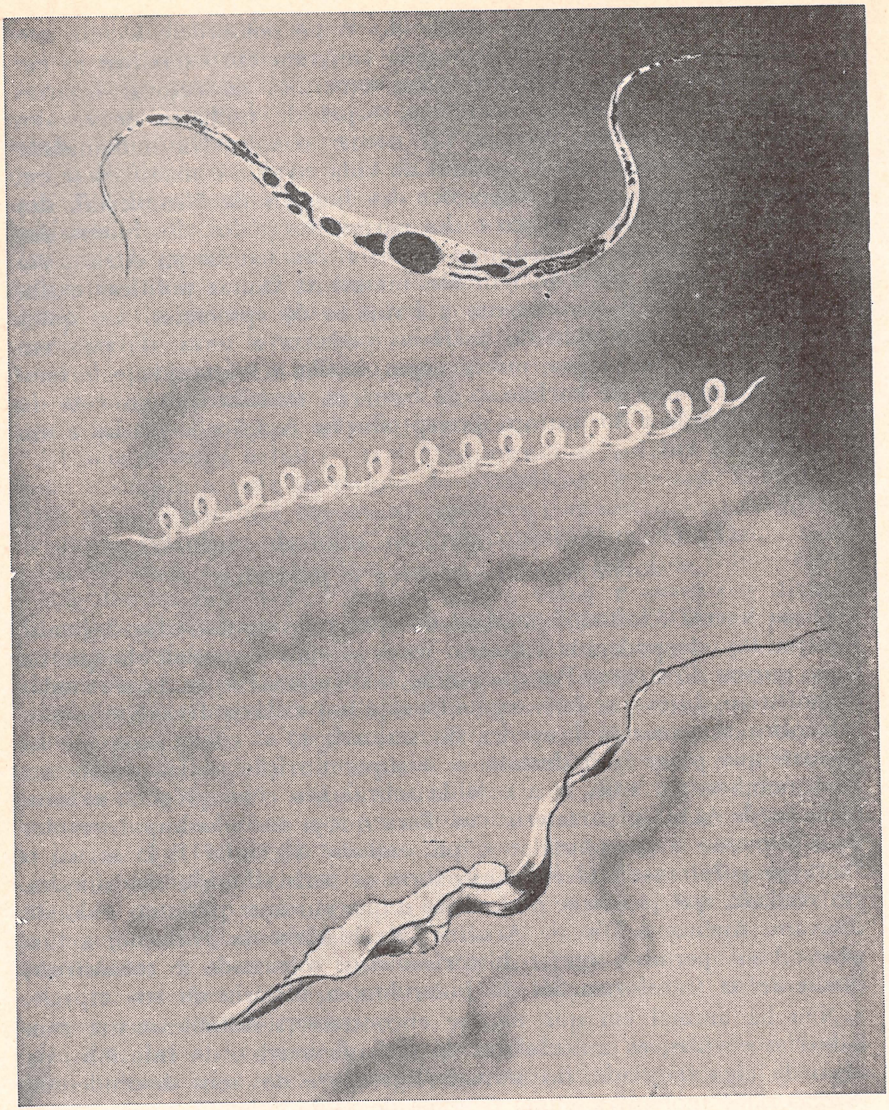


Fig. 93 — TRÊS TIPOS DE PARASITAS UNICELULARES. Em cima, o causador da malária, em forma transitória. No centro, um espírilo. Em baixo, o tripanossomo. (Explicação no texto).

das bactérias, pertencem os espiroquetas, um dos quais, inofensivo, fervilha nos nossos dentes. Outro, muito parecido com êsse, não é absolutamente inofensivo; é, com efeito, o agente da sífilis. Embaixo, aparece a figura esquematizada dum tripanossomo; o mais conhecido dêstes parasitas é o que provoca a doença do sono.

A malária, a sífilis, a doença do sono pertencem às poucas moléstias que, até hoje, a ciência não pode iludir-se de haver dominado, enquanto outros males transmitidos por bactérias, outrora internacionais, como a cólera, a peste, a varíola estão eliminados do mapa do globo. A doença do sono, ainda nos nossos dias, torna inabitáveis ao homem e aos animais vastas extensões da África. A malária é a doença mais espalhada do nosso século; calcula-se em dez milhões o número de maláricos, e num milhão, o das novas infecções anuais. A sífilis, o mal do prazer, lavrou entre os povos durante séculos, causando misérias sem nome a famílias e indivíduos, toldando com a sombra fria do mêdo a vida amorosa de gerações inteiras: a "serpente sob as rosas do amor", como a chamou Goethe. As excursões, que êstes parasitas realizam nos homens e nos animais, ultrapassam em fantástico tudo o que a história natural pode apresentar; seria tarefa grandiosa não só escrever com palavras mas também ilustrar com imagens, o Livro dos Tripanossomos, Espírilos e Espiroquetas, como êles fervilham em todo o reino animal e, de vítima em vítima, realizam as suas incursões fabulosas muitas vêzes através de três sêres diferentes. A figura 116 oferece-nos um exemplo, entre centenas, da viagem do tripanossomo que provoca a formação da pérola. Não se encontrou até hoje uma explicação racional para essas simbioses e essas deslocações que, não raro, se estendem por milhas de distância e pelo espaço de anos e decênios — considere-se: milhas e decênios para sêres microscópicos! Nem será obtida pelos meios da nossa concepção atual da natureza.

16) O homem nascido de unicelulares...

Não há necessidade de dizer que, no princípio da sua existência, o homem não é ameba e que o espermatozóide, embora apresente um flagelo, não é um animal flagelado. Apesar disto, não é possível abstrair-se do mundo dos unicelulares, sem meditar o fato de que o homem também começa a vida como unicelular. De que maneira se figuravam as coisas na Antiguidade? Pretendia-se então descender dos deuses, ser filho de Zeus ou do Sol, como se intitulavam nos primórdios da história os reis do Egito e da Pérsia, e, nos tempos modernos, os imperadores da China e do Japão. Povos mais modestos imaginaram que o homem foi plasmado em argila pelas mãos dum deus e que, nessa argila, se insuflou o hálito da alma. Da Babilônia à Oceânia, dali aos indígenas das florestas da América, se propagou o mito do "torrão de argila". Os povos setentrionais inventaram a fábula de que

as crianças nascem, com as flores, do fundo dos lagos e são distribuídas pela ave Adebar, a cegonha... Tantas fábulas quantos povos. Agora, nós, os homens de hoje, estamos perante a verdade, que não é menos mística. Aqui uma célula esférica, uma ameba, num lago em miniatura, cheio de água do mar, está à espera. Aguarda uma célula que vem, coleando, com um fio ciliar — uma célula flagelada (Fig. 94). O "genossomo" perfura a ameba, contamina-a com os seus gens e ela começa a transformar-se a pouco e pouco. Maravilhoso princípio dum ser que, mais tarde, poderá estar num estrado para reger uma sinfonia; ou num palco, declamando um monólogo sôbre ser ou não ser. A todo momento nos clamam: "Memento mori!" Também é bom pensar no princípio: "Memento nasci!"

Capítulo VIII

OS PÓLIPOS

1) Os unicelulares aglutinam-se em bola; a bola invagina-se, forma um cálice de duas camadas: o pólipo

Tôdas as criaturas começam a existência quando uma célula a que o cruzamento com plasma estranho — o espermatozóide — deu corda, começa a carreira da vida como um brinquedo mecânico (Fig. 95, 1). Divide-se em 2, 4, 8, 16, 32 etc. células e forma uma aglomeração (2). No vegetal, ela tende a formar superfície (3). As células dispõem-se em fila, formando "galhos" que se dilatam em fôlhas; porque o objetivo da vegetação é adquirir o máximo de superfície, a fim de absorver a luz solar (4).

O aglomerado de células, que se destina a ser animal, segue caminho oposto. Pouca superfície externa, muita superfície interna. O destino do animal é ser salteador. O ladrão precisa dum saco. O agrupamento se dilui no centro e torna-se uma bôlha (2). A bôlha invagina-se, converte-se em cálice de duas camadas (3). O cálice é o modêlo de todos os animais superiores. A camada externa torna-se epiderme e protege o animal; a camada interna a mucosa e digere a prêsa engolida. A cavidade chama-se cavidade gastrintestinal. A posse dum estômago é, na estrutura do ser vivo, caráter distintivo entre animal e vegetal. O animal é a criatura que tem, como órgão central, um estômago — um estômago esfaimado que reclama contìnuamente alimento.

Nas nossas águas, vive um animal que apresenta forma tão pura de cálice e evidencia a natureza animal de maneira tão simples e desataviada, que o poderíamos julgar construído por um professor talen-

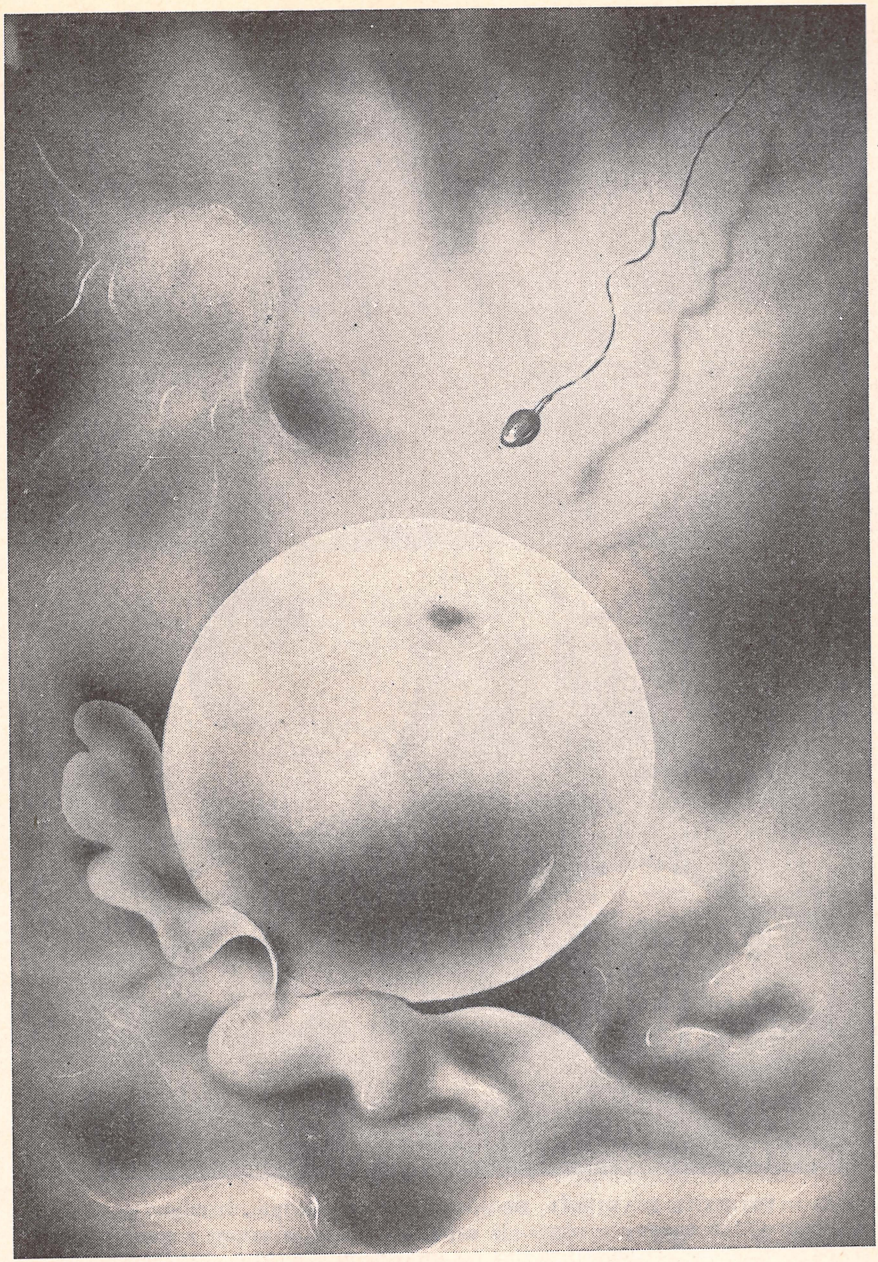


Fig. 94 — "MEMENTO NASCI!". O homem deriva da união de dois unicelulares: o óvulo amebiforme feminino e a célula flagelada masculina, de ação tão animal, que até hoje os anatomistas dão ao espermatozóide o nome de zoospermo.

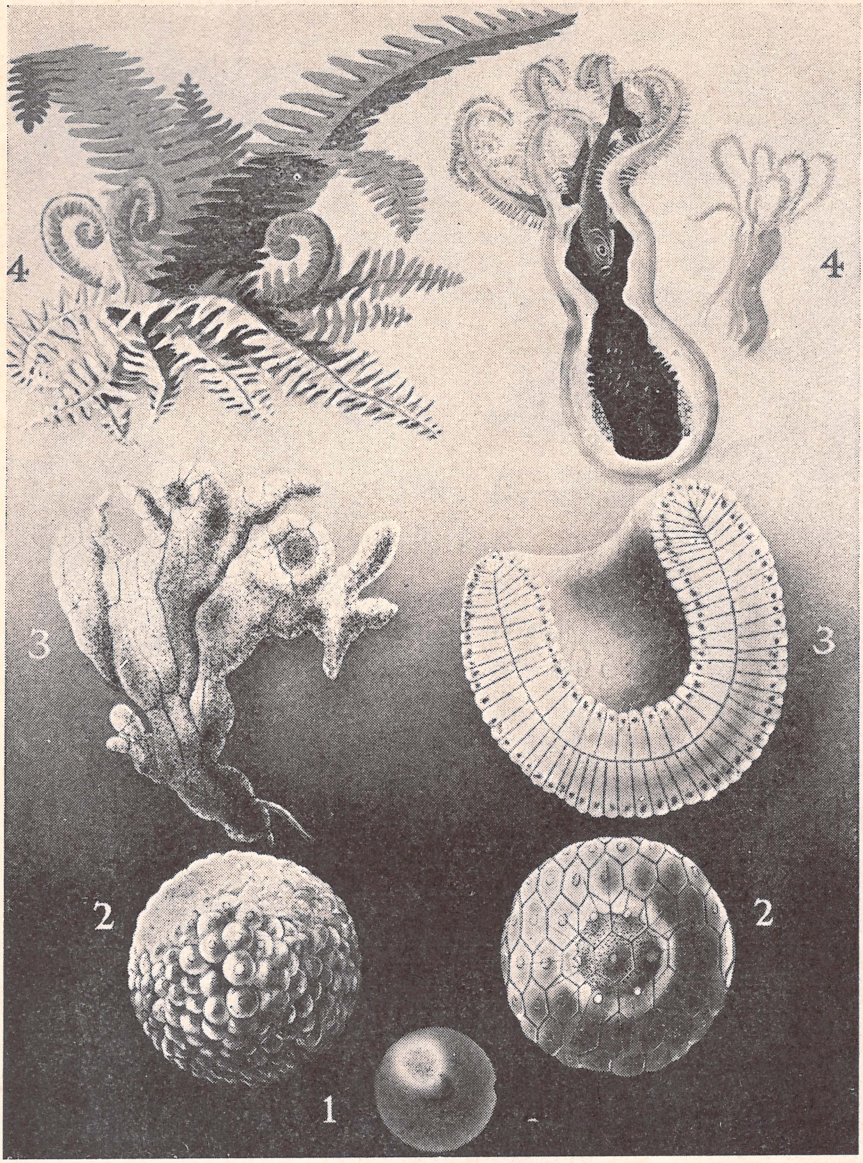


Fig. 95 — VEGETAL E ANIMAL. Desenvolvem-se de princípios análogos; mais tarde, seguem caminhos opostos: o vegetal (à esquerda) vira-se às avessas e torna-se superfície, "fôlha". O animal (à direita) invagina-se e torna-se "estômago".

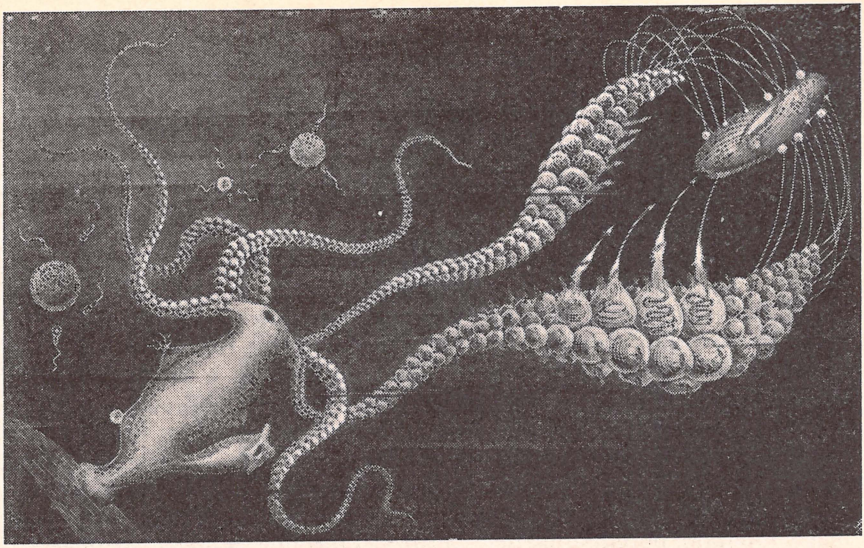


Fig. 96 — A HIDRA. O animal-cálice clássico: tamanho natural, de 1 a 1,5 cm de altura. À direita, captura dum infusório; à esquerda, em baixo: reprodução assexuada, por meio de "gomos"; à esquerda, no alto: reprodução sexuada, por meio de óvulos e células espermáticas.

toso, para fins de demonstração do seu ensino. É a hidra, assim chamada porque, se cortada, de cada um dos seus segmentos nasce outro animal. Consta dum cálice de duas camadas de células, com cêrca dum centímetro de altura, células transparentes que permitem observar todos os processos, como num copo (Fig. 96). O cálice apresenta, na oria, tentáculos cujas células se denominam células urticantes, porque segregam uma peçonha que irrita a pele como o suco da urtiga. As células urticantes, porém, não são simples células; são arpões construídos com requinte. Em cada célula, há um tubo enrolado cuja parede interna, como o cano duma bôca de fogo, apresenta ranhuras helicoidais, chamadas em linguagem técnica, "raias". Sob a pressão interna, o tubo salta; vira-se às avessas como uma luva e mostra o lado de dentro ao mundo externo, com as ranhuras helicoidais eriçadas de cerdas. Acertando no alvo, o arpão adere à vítima, como carrapicho. A hidra arremessa duas espécies de arpões: maiores e menores. Os pequenos (Fig. 96, à direita, em cima) têm na extremidade uma bôlha coberta de glúten. A bôlha está cheia de gás; e, quando o animal vítima estiver crivado de centenas dessas bôlhas, elas o levantam e mantêm como bexigas natatórias. Os arpões da segunda espécie (à direita, no centro) terminam em farpa. Como o arpão representa um dedo de luva, a farpa não é maciça; é ôca: uma longa cânula flexível, para injeções à distância. Através do tubo e da agulha, a hidra injeta na vítima veneno urticante e paralisa-a. Todos os pólipos operam com êsses

arpões urticantes. Uma medusa traz, em cada tentáculo, quatro milhões de células urticantes. No tentáculo da actínia, há dez vêzes mais. Um animal urticante é uma fortaleza enviada à luta pela vida, com munições para aproximadamente mil milhões de tiros.

O estudo da hidra é exemplo típico do caminho imprevisível da ciência. Até 1650, não se sabia sequer que a hidra existe. Até 1800, ela servia de divertimento como uma "Insectien-Belüstigung". No século XIX, Haeckel expôs a teoria engenhosa de que um gastrozoário — animal-estômago da espécie da hidra, ao qual deu o nome de *gasträa* — deve ter sido a origem de todos os animais superiores; assim, a pequena hidra, que não é naturalmente essa mãe primitiva, mas lhe representa o tipo, ocupou o centro de interêsse. Por volta de 1900, descobriram-se as baterias de urtigas e os arpões; e o "pluricelular mais simples" revelou-se como bem armada fortaleza submarina. Passaram-se mais vinte e cinco anos; tomaram impulso os estudos psicológicos. Cortou-se uma hidra, de modo que lhe crescessem duas cabeças, mas o estômago fôsse comum. Deixando-a passar fome, quando se lhe dava alimento, as duas cabeças brigavam. Ignoravam que possuíam um só estômago. Quando, porém, uma delas acabava de comer, a outra acalmava-se, porque também se sentia "saciada". Isto lembra as experiências que se fizeram com "irmãos siameses". Se um dêles trabalhava até cansar, o outro também se mostrava entorpecido pelas toxinas da fadiga na circulação. Se o da direita tinha um furúnculo, o da esquerda sentia-se mal. Como a hidra possui uma faculdade quase ilimitada de se recompor, de se fragmentar em tôdas as combinações imagináveis e de se reconstituir, podem-se realizar com ela experiências de tôda sorte; e a qualquer pessoa é dado fazê-las, seguindo as instruções duma técnica relativamente simples. A hidra é a hidra — é difícil prever quantas cabeças ainda podem crescer nesse animal de fábula. Às "Insectien-Belustigungen" seguiu-se a "Gasträa"; a esta, o animal-arpões, a êste, os gêmeos siameses. Que será amanhã?

2) Os pólipos formam uma camada intermediária; origina-se o cálice de três camadas: o coral

A hidra tem cêrca de um centímetro de comprimento. Com estas dimensões, bastam duas camadas para sustentar o cálice. Um pólipo maior necessita dum "enchimento", como o que se cose entre o pano e o fôrro dum vestido, para "armar". Essa camada intermediária chama-se folheto médio ou — como liga a camada exterior à interior — tecido conjuntivo.

Todos os organismos aspiram a conquistar superfície. O vegetal tende para fora, lança galhos e ramos; o animal tende para dentro, forma cavidades e tubos. O estômago do pólipo dobra-se; origina-se o coral de seis ou de oito pontas (Fig. 97). Dêsses vértices derivam, no animal superior, as vilosidades do intestino; das cavidades, vêm os

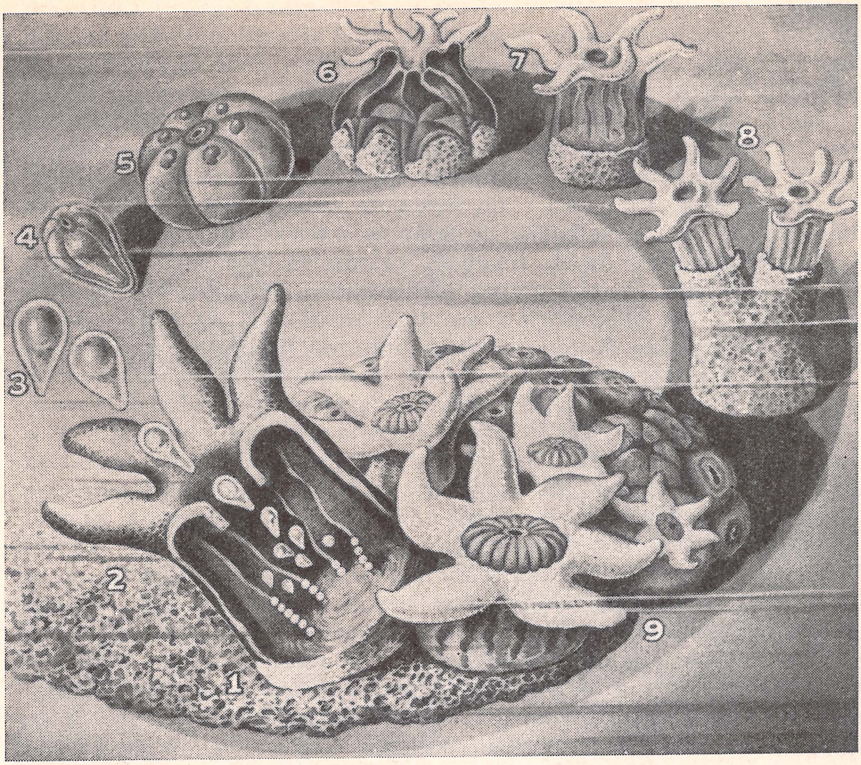


Fig. 97 — VIDA DUM CORAL. Os filhos saem a flutuar (1 a 3). Mais tarde, fixam-se (4 a 7) e, graças a contínuas divisões, construem o "tronco" (8 e 9).

canais das glândulas que enviam os seus produtos ao canal digestivo. Como primeiro produto glandular, manam da parede digestiva as células sexuais. O peixe prêso no coral é absorvido; as bolas que brotam da parede são óvulos expelidos para formar novos corais. Matar, para criar com o material do morto vida própria, é o caráter — poderíamos dizer: a natureza execrável do animal.

3) A camada calcária central subsiste, depois da morte do pólipo e forma o tronco do coral

Para ligar as duas camadas primitivas, o pólipo recorre ao método mais simples: enche o espaço intermediário com cálcio. Morto o pólipo, desaparecem as duas camadas unidas; subsiste, porém, a parede calcária, e aí temos a estrêla de cálcio, com seis pontas: o coral. Também na base, o pólipo segrega cálcio e assim construi um pedestal. Pela

estratificação de depósitos calcários no pedestal, o pólipo cresce em altura e originam-se troncos de coral e o coral arborescente (Fig. 98). Na figura 97, está esboçada a vida dum coral. Da parede digestiva, onde cresceram (1), os óvulos soltam-se (2). As "larvas" vivem primeiro na cavidade do corpo materno e, mais tarde, fora dêle (3). Como a expressão "larva" será repetida ocasionalmente, convém notar: chama-se "larva" o primeiro estado do animal, quando, nesse estado, êle difere acentuadamente, na forma e no modo de vida, da forma adulta dos pais. As larvas, à semelhança de crianças arteiras, vagabundeiam nas águas circunstantes; depois fixam-se. Transformam-se em corais, dividindo-se em seis ou oito seções (4); afundam (5); depois estendem braços (6). Só então, começa a secreção calcária. (7). O pólipo multiplica-se, ou gerando do cepo novos pólipos, ou cindindo-se a partir da bôca (3). Desenvolvendo-se o pedestal, nascem galhos. Como nos vegetais, a forma definitiva da "árvore" depende da rapidez da ramificação; se o tronco crescer depressa, formam-se ramos compridos; se o crescimento fôr demorado, originam-se colônias aglomeradas em forma de cacto; o cacto assemelha-se ao coral, a ponto de se poder acreditar que os corais são cactos petrificados (9). Era esta realmente a opinião dos cientistas, até aos tempos modernos. Quando o médico francês Peyssonel comunicou à Academia Francesa, num trabalho seu, que o coral é um animal, Réaumur julgou prestar um bom serviço ao autor, suprimindo-lhe o nome, a fim de que semelhante "absurdo científico" não lhe acarretasse a perda da clientela. Que diria Réaumur, se Peyssonel acrescentasse que o esqueleto humano é um coral arborescente; que, nos nossos ossos, vivem milhões de animais coralíferos; que êstes, como os seus irmãos no oceano, extraem com tentáculos de plasma cálcio da linfa, tão semelhante à água do mar; e que os nossos ossos são troncos de coral? (Fig. 98).

Não sejamos injustos com Réaumur e os seus contemporâneos. Em todos os tempos e em todos os lugares, os homens são os mesmos. O fato dum homem se ocupar com a ciência não lhe altera a natureza humana. De cem homens, noventa e cinco repelem *a priori* as novas verdades; e, com particular obstinação os que apresentam "verdades" profissionalmente, porque ninguém admite de bom grado que se converta em êrro o que ensinou, durante três decênios, como exato. Depois dos quarenta, ninguém gosta de reformar os seus conhecimentos, porque os velhos erros são mais cômodos do que as novas verdades; é o que se dá com os sapatos usados que recalcitramos em trocar por novos. Em conseqüência, tôda verdade, segundo Schopenhauer, não passa de celebração efêmera duma vitória, entre os dois longos períodos em que ela foi condenada como paradoxo e será menosprezada como trivialidade. A história das teorias novas repete-se, estereotipada. Os sábios de 1600 insistiam obstinadamente em que o Sol gira em tôrno da Terra, e apelaram afinal para o papa. A nova geração, tão esforçada em defender a doutrina de Copérnico, envelhecendo não foi melhor, já que se insurgiu contra a nova teoria da

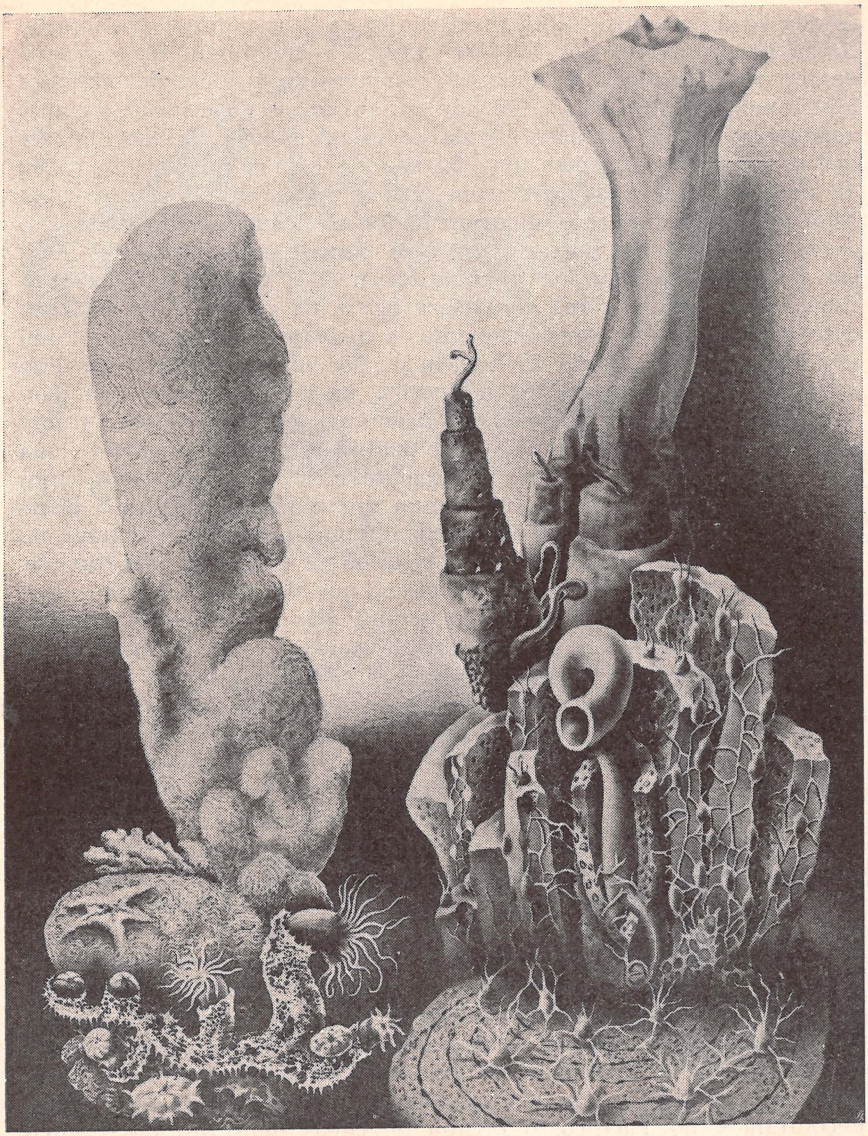


Fig. 98 — TRONCO CORALÍFERO E OSSO HUMANO. Parecem-se fraternalmente. Em ambos, os associados polipiformes constituem esqueleto calcário.

circulação do sangue; a luta geral contra os "circulatores" foi imortalizada dràsticamente por Molière. Também não foram mais clarividentes os filhos dos "circulatores", combatendo a idéia de serem os fósseis animais petrificados. E, por seu turno, os da geração seguinte amargaram de tal maneira a vida ao infeliz médico Roberto Mayer que se atrevera a inventar uma lei física: o princípio da conservação da energia — que o pobre homem acabou num hospital de alienados. Nem teve melhor sorte o seu contemporâneo Semmelweis, pregando o asseio no quarto das parturientes; nem Pasteur, mais tarde, ao divulgar a sua tese da infecção. Virchow foi um dos homens mais progressistas do seu tempo, uma verdadeira glória da ciência e da política; entretanto defendia obstinadamente o disparate, evidentemente improvàvel, de ser o crânio do homem de Neandertal o dum indivíduo que sofrera de raquitismo na infância e, na velhice, levara uma pancada na cabeça. Não podia haver — sustentava êle — um homem primitivo. Contra a teoria da relatividade, os físicos de 1920 fundaram uma "Associação para a defesa da ciência germânica"; e os psicólogos, cujos filhos se tornaram analistas, realizaram um congresso "contra a psicanálise". Assim foi, assim é, e assim será amanhã; porque não se trata, no caso, de justo ou injusto, de inteligência ou de estupidez, mas dum fenômeno psicológico de raízes profundas, que devemos admitir e que sempre se repetirá, como os bebês sempre hão de chupar o polegar.

Em virtude dalgumas propriedades acessórias, os corais tornaram-se os criadores das ilhas de coral. Primeiro: êles só prosperam em águas cuja temperatura não desça abaixo dos vinte graus Celsius; segundo: só até quarenta metros abaixo do espelho das águas. Em conseqüência, são encontrados exclusivamente nas águas tropicais; e só em baixios onde, como "recifes", dificultam o acesso ao litoral. A Austrália, banhada pelas águas de correntes cálidas, possui, como em geral os continentes, um colar submarino corroído pelo mar, uma cintura de baixios. Nas águas quentes dêsses baixios, crescem corais arborescentes às centenas de milhares; e assim um recife formidável, de mais de dois mil quilômetros de extensão, cinge a Austrália. Êsse recife é o "jardim maravilhoso do mar", que inspirou tantas descrições entusiásticas e está retratado em muitos quadros, fotografias e filmes: o mundo das actínias, das esponjas, do chetodonte, o peixe multicor como o papagaio; o domínio dos polvos e dos crustáceos espreitando como salteadores nas frestas; de moluscos tão grandes, que são necessários três homens para os tirar da água. Contrastando com êsse reino dos baixios, encontram-se no Pacífico, o oceano de águas mais profundas, ilhas de coral. Em princípio, estas têm tôdas a mesma forma: círculos de traçado mais ou menos regular (Fig. 99). Darwin explicou que essas ilhas derivam de vulcões que afundaram lentamente no solo. O Pacífico é uma zona de viva atividade vulcânica, onde não raro os vulcões emergem do oceano, para desaparecerem de novo, dentro dum prazo mais ou menos breve. Nas encostas dêsses vulcões, os corais fixam-se abaixo do espelho das águas. Mergulhando o vulcão, morrem os corais

Fig. 99 — ORIGEM DUMA ILHA DE CORAL. O vulcão afunda. Os corais, que viviam como fauna de águas rasas nas encostas submersas, ficam ao nível do mar e, depois de desaparecer o vulcão, formam o "atoll", a ilha em forma de anel. (Da "Teoria das Ilhas de Coral", de Charles Darwin).

afundados a águas mais profundas. Os de cima, porém, crescem nas águas do baixio, sôbre os corais mortos. Sumindo-se o vulcão, subsiste a circunferência de coral. As ilhas de coral são as coroas mortuárias dos vulcões afogados dos trópicos.

4) Os primeiros polipeiros da história: os graptólitos

Em 1734, Lineu descobriu nas ardósias da Suécia impressões que êle, com perspicácia genial, logo interpretou acertadamente: animais. As impressões sobressaíam claras em fundo escuro, como se alguém as houvesse riscado com um lápis de pedra nas lousas. E Lineu, com o seu grande talento para a nomenclatura, denominou-as inscrições em pedra: "graptólitos" (Fig. 101). Descobriram-se graptólitos em tôdas as partes do mundo; e, antes de se decifrarem êsses caracteres cuneiformes da zoologia, êles criaram muitos quebra-cabeças à ciência. Mas valeu a pena. Em primeiro lugar, evidenciou-se que os graptólitos viveram só em determinado período: o siluriano, há 500 a 400 milhões de anos. São um "leit-fóssil", um fóssil característico. Onde virmos a

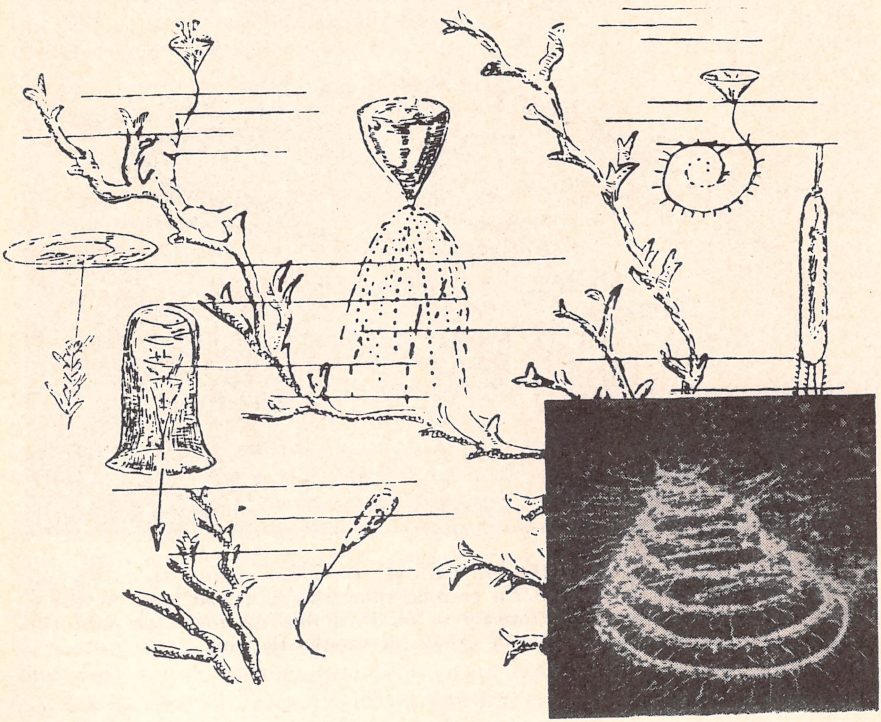


Fig. 100 — OS GRAPTÓLITOS. Reconstrução das presumíveis formas de vida dos graptólitos extintos. (Segundo Hundt).

Fig. 101 — IMPRESSÃO DUM GRAPTÓLITO EM ARDÓSIA.

assinatura dos graptólitos, estaremos numa estratificação do mar siluriano. Como a família dos graptólitos passou por determinada evolução, estamos em condições de diferençar vinte camadas do siluriano, o que estabelece, para uma época tão remota, uma situação insòlitamente favorável.

Os primeiros graptólitos viviam nas profundidades. Mais tarde, porém, desenvolveram-se no mar siluriano condições análogas às que hoje predominam no Mar Negro. A falta de correnteza corrompeu as águas, e o fundo cobriu-se de vasa venéfica. Os graptólitos subiram, instalaram-se em algas flutuantes e tornaram-se "semiplancto" (Fig. 100). Daí a viverem livres, mediava apenas um passo, e êles foram provàvelmente as primeiras colônias flutuantes da história. Para se manterem boiando, criaram bexigas natatórias, umas em forma de lingüiça (extrema direita da figura), outras como campânulas ou pratos (extrema esquerda). Foram, pois, os precursores dos medusários modernos, não na acepção genealógica, mas em sentido literal: os graptólitos precederam os medusários. A espécie dos graptólitos extinguiu-se, sem deixar descendência, em fins do siluriano, quando se modificaram as condições climáticas. Os graptólitos são os súmeros e os acadianos da zoologia: apenas uns hieróglifos em cacos de ardósia revelam a sua remota existência.

5) A divisão do trabalho transforma as colônias em polipeiros

Para compreendermos o reino animal inferior, cumpre libertar-nos da falsa noção de que, para pensar, o ser vivo precisa de cérebro. No curso da história, o cérebro ajudou-o a pensar melhor; não lhe deu, no entanto, a faculdade de pensar. A aquisição do cérebro é comparável à invenção do automóvel; êste completou a nossa faculdade de movimento; nós, porém, já nos locomovíamos sem êle. Os andarilhos doutrora viam em verdade menos mundo; mas o pouco que viam era saboreado com uma contemplação e um fervor de que os automobilistas velozes não têm idéia. Tudo o que nos mostra o reino animal evidencia a exuberância e a plenitude da vida, movida pelos mesmos motivos que a dos homens. Fome e amor, prazer em criar como em viver em ócio, instinto artístico, vaidade, ciúme, tristeza e alegria no triunfo, são as molas dos animais como dos homens. São evidentemente a natureza do plasma. Não se acuse o autor de antropomorfismo; leve-se antes à conta de obra de esclarecimento o fato de descrever êle sempre como humano o que é peculiar do animal, para demonstrar a unidade de todos os viventes e induzir ao amor total da natureza.

O pólipo tem de construir uma base firme de cálcio, um pedestal. Para que dar-se ao trabalho de construir um pedestal, se outros animais o fornecem pronto? Em conseqüência, os pólipos instalam-se numa concha de caracol. Não em qualquer concha; de preferência nas conchas onde se abrigam crustáceos. Crustáceos em conchas de caracol?

Sim, senhores. Os crustáceos pensam exatamente como os pólipos. São animais blindados, e construir couraças já é estafante. Além disto, como a blindagem não lhes acompanha o crescimento, faz-se mister quebrá-la várias vêzes, no curso da vida, e construir outra. Fazer couraças? Para que, se outros animais as fornecem feitas? E o crustáceo mete-se numa concha de caracol vazia.

Poderíamos presumir que os pólipos, desprovidos de cérebro e de olhos, não percebem o que se passa em tôrno; ou, se percebem alguma coisa, não a entendem. Nada disto. E agora começa o que zomba de tôdas as concepções humanas sôbre animais sem cérebro. Do telhado, os pólipos participam das aventuras do crustáceo, como os espectadores dos velhos teatros populares participavam dos acontecimentos do palco. Freqüentando, em fins do século passado, um teatro da Itália meridional ou dum gueto europeu, o que lá se via não era um público de colarinho duro e penteados de gala; era povo, com a família e tudo, tomando parte ativa no que se desenrolava em cena, como se aquilo não fôsse teatro, mas a vida, e ocorresse, não pela 350.ª vez e sim ali mesmo, naquela noite, pela primeira vez. Quando surgia Iago, o celerado, o público vociferava, cobria-o de insultos e de frutos podres, trazidos para êsse fim. Quando Otelo se preparava a estrangular Desdêmona, clamavam os espectadores, advertindo-a: "Foge! Foge! Êle vai matar-te!" E, depois que Judite decapitava o ébrio Holofernes, não cantava só o côro em cena; o público em pêso levantava-se e entoava o hino triunfal. Assim, da galeria da concha de caracol, os pólipos participam das piratarias do "seu" crustáceo (Fig. 102).

Os da primeira fila arremessam arpões ao adversário; e, como se especializaram nisso, tornaram-se archeiros. Os pólipos da retaguarda prepararam-se para agarrar e desenvolveram longos tentáculos. Entre os lutadores e os caçadores, situam-se os que devoram as prêsas capturadas; e, finalmente, os produtores de células sexuais. Êstes pólipos, incumbidos da propagação da raça, não permanecem em tôdas as espécies presos ao cepo; flutuam com as células maduras (Fig. 103). Êsses pólipos sexuais errantes chamam-se medusas, porque lembram, ondulando nas águas com os seus longos filamentos, a cabeça cortada de Medusa. Só aparecem como pólipos sexuais, nas épocas do ano favoráveis à reprodução — nas águas setentrionais, em pleno estio, às vêzes em massa, como os bandos de borboletas ou de "efêmeras", que também são formas sexuais transitórias de animais de vida mais duradoura.

6) O polipeiro liberta-se do solo e flutua como medusário

Façamos de conta que a colônia, instalada no telhado da concha de caracol, se canse um dia de apreciar as aventuras do crustáceo anfitrião. Desprende-se, pois, e começa a flutuar. A partir daí, além de pólipos lutadores, caçadores, devoradores e geradores, a colônia precisa de nadadores. Alguns dos devoradores enchem o estômago de gás e transformam-se em balões (Fig. 104, 2). Para assegurar o equilíbrio da co-

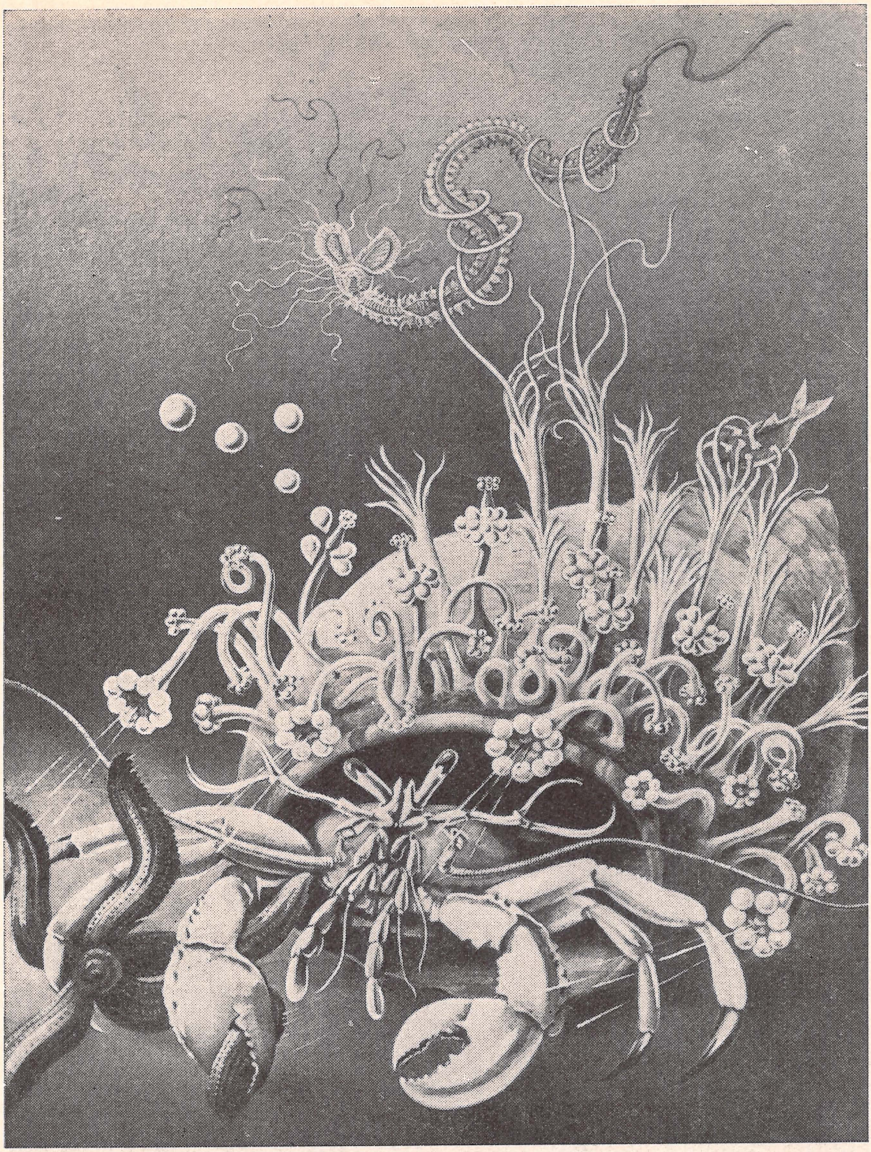


Fig. 102 — COLÔNIA DE PÓLIPOS NA CONCHA DE CARACOL OCUPADA POR UM CRUSTÁCEO. Os pólipos vivem em sociedade com o crustáceo e especializam-se como lutadores, caçadores, devoradores, pais e mães.

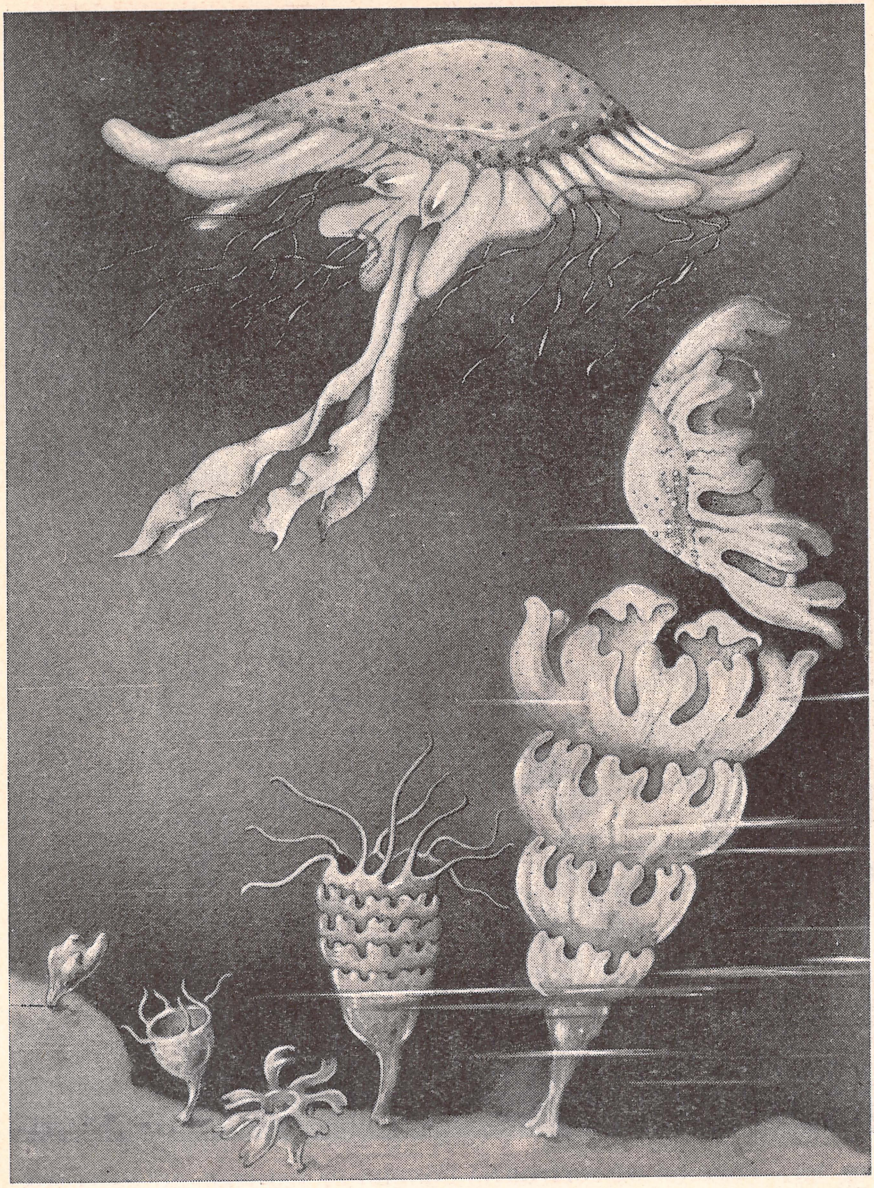


Fig. 103 — OS PÓLIPOS GERAM MEDUSAS. Dos pólipos, que se desenvolvem no fundo, originam-se discos semelhantes a pratos que, sob forma de medusas, vão flutuando com as células sexuais.

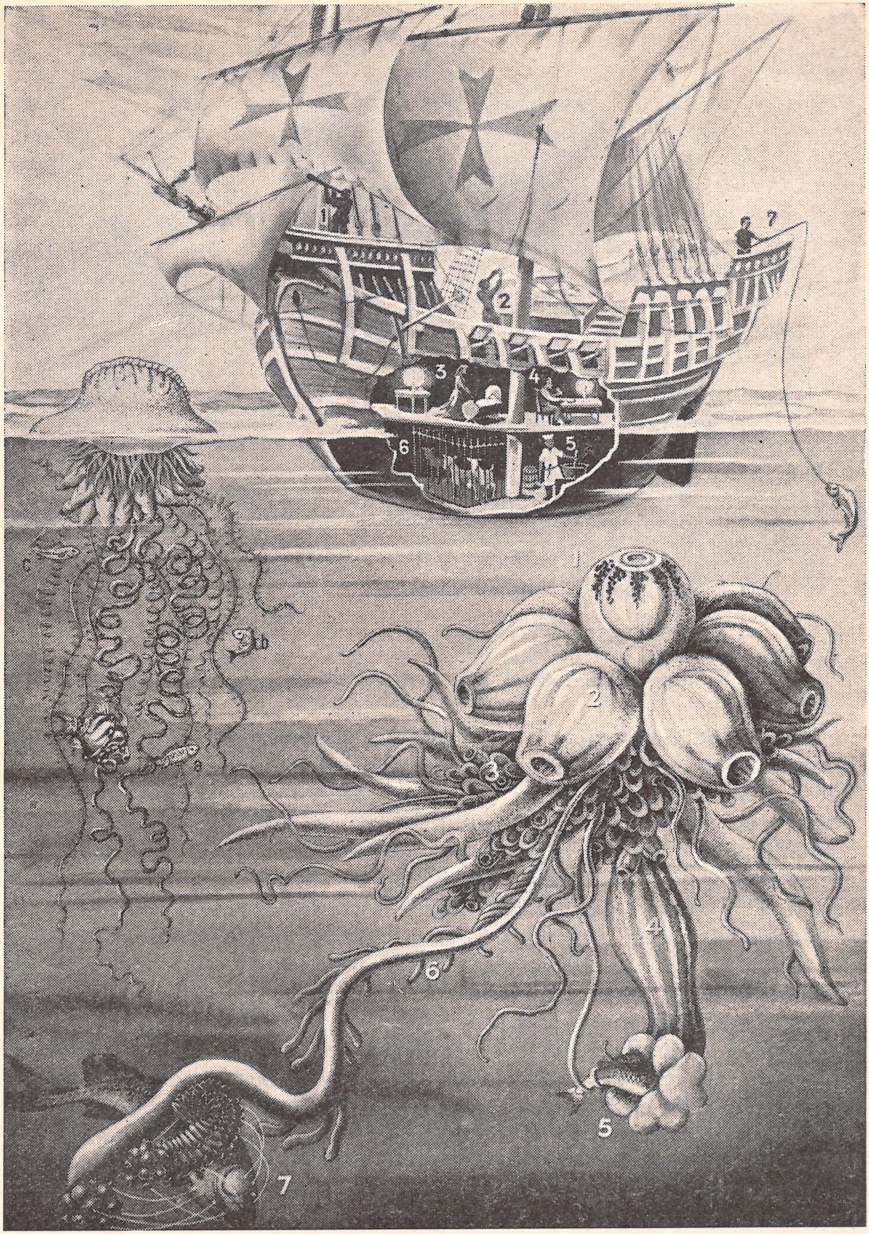


Fig. 104 — MEDUSÁRIO (à direita) E "GALEÃO PORTUGUÊS" (à esquerda). A divisão do trabalho, no medusário, corresponde à dum navio. Os números em duplicata indicam as funções de cada pólipo. O "Galeão Português" trabalha em simbiose com um peixe-traidor (b, c) que arrasta outros peixes (c) à perdição.

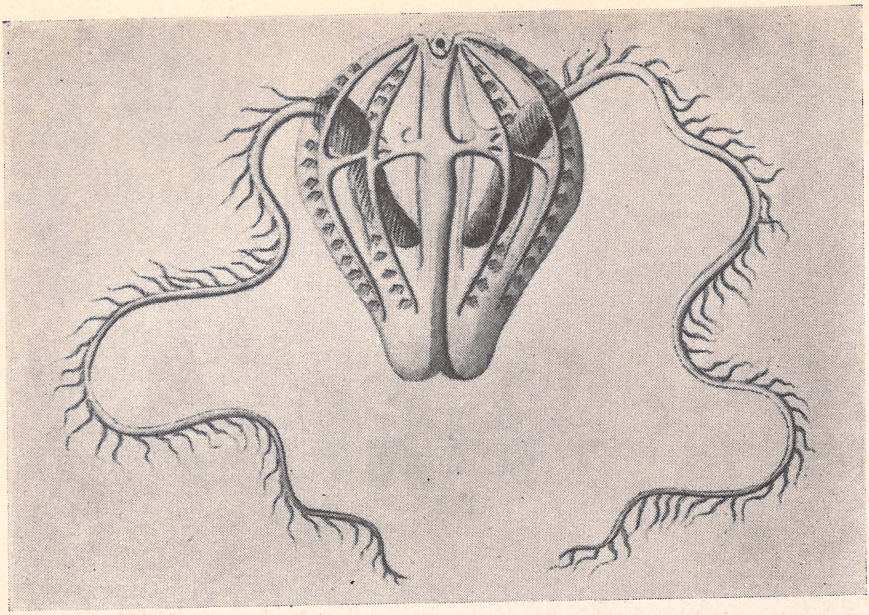


Fig. 105 — "ACONTECIMENTOS HISTÓRICOS", NA HISTÓRIA DA NATUREZA. Nos ctenóforos ou "medusas de costelas", aparece pela primeira vez, na história dos animais pluricelulares, a simetria bilateral, na estrutura do corpo.

lônia, os nadadores distribuem-se simètricamente em tôrno do eixo central; os demais seguem o agrupamento, originando uma disposição que traz à lembrança o lustre do teto da Opera. As pupilas do homem que a contempla também ficam suspensas e o repouso da vista, na contemplação dum objeto, dá-nos uma sensação de bem-estar. Os gregos a chamavam "estese" — a sensação do belo; e nós denominamos "estético" o objeto que dá ao observador essa sensação agradável. A disposição simétrica recorda a flor; os zoólogos do século passado chamaram essas colônias flutuantes "animais-flores".

O balão mais alto representa o "pólo norte" e êste sobressai um pouco da água (1). A luz o apanha em cheio; como uma excitação prolongada estimula o desenvolvimento de órgãos, o balão torna-se sensível à luz: um ôlho. Ainda não é um ôlho que perscrute o céu e induza a pensar no Universo; é um simples fotômetro, e regula o enchimento dos nadadores, de acôrdo com a luz. Sendo esta intensa, os balonetes contraem-se e a colônia mergulha; com luz fraca, as bolas enchem-se de gás e a colônia eleva-se. Um princípio análogo regula a posição de flanco. O ctenóforo, ou "medusa de costelas", da figura 105 apresenta no alto uma campânula de cujas paredes sobressaem cerdas no espaço vazio. Aí uma bola de cálcio comprime as cerdas debaixo dela. Colocando-se a medusa em posição oblíqua, as cerdas laterais se eriçam e o animal recobra, por meio da remada corres-

pondente, o equilíbrio vertical. Outras medusas trazem na orla do guarda-chuva bilros de cálcio cristalizado, rodeados de pêlos sensoriais que, batendo nessas escôvas, fazem as medusas voltar à posição de repouso (Fig. 106). Como o plasma, sempre e em tôda parte, reage da mesma maneira, em tôdas as classes de animais aparecem os mesmos órgãos. Quer os caracóis, que são moluscos, quer os crustáceos, tão próximos dos insetos, quer ainda os vertebrados que se desenvolveram de todo independentes dêstes e daqueles, trazem aparelhos estabilizadores, baseados no mesmo princípio. Nós também, os homens, controlamos a nossa posição no espaço por meio de aparelhos em princípio iguais àqueles, na construção.

Há colônias que imprimem ao seu telhado o vinco que nós, os homens, damos à copa do chapéu de fêltro; a aba emerge da água e faz as vêzes de vela. Na figura 104 vemos dois dêsses medusários, autênticas sereias, corporificação da beleza na aparência, perigosas bruxas exterminadoras na essência e na ação. Uma "visita oficial" é um azar para a população das províncias através das quais vai singrando o navio-medusário, na aparência tão digno e majestoso, na realidade tão cheio de astúcias e ardis. Enquanto a nau vítrea atravessa o reino florescente do plancto, os "pescadores" deitam à água as suas linhas cujo comprimento pode ter até trinta metros; e tudo o que tiver a infelicidade de ser tocado por elas fica envisgado, como as môscas na cola. Os animais maiores são envolvidos pelos tentáculos e crivados de arpões expelidos da goela das células urticantes; a vítima torce-se de dor; de dor mortal, porque, em vida, só é possível aproximar-se dessa fortaleza flutuante uma vez: a última (7). Nas águas dos mares do Sul flutua um medusário que os marinheiros denominam "galeão português", porque só é encontrado nos mares quentes meridionais e, quando apareciam os primeiros "galeões portuguêses", os marujos de Londres e de Amsterdão sabiam que os verdadeiros galeões de Portugal, então senhores dos mares, não estavam longe (Fig. 104, à esquerda). A bexiga natatória dêsse medusário tem aparência e formato de capacete prateado; naturalmente qualquer novato pensa em levá-lo para a sua terra, como lembrança. Mas cuide-se bem, nadando para o medusário. Aprendi à minha custa o que significa entrar em contato com êle, tentando levantar com a bengala um "galeão português", que dera à costa. Apesar de tôda a prudência, um dos tentáculos gelatinosos, dum violeta carregado, tocou-me a coxa. Foi como se um metal em fusão me respingasse na perna. Recuei com um salto de gato; mas outros fios pegajosos, cuja origem não percebi absolutamente, agarraram-se à minha pele, riscada de vergões vermelhos que logo começaram a inchar. A dor foi o máximo que se possa imaginar como dor cutânea; ficou-me gravada tão profundamente na memória que, ao têrmo de anos, a recordação dêsse episódio ainda me causa arrepios. Hércules, vencedor de touros, de leões, de gigantes e da hidra, sucumbiu afinal, ao ciúme da sua amada Dejanira. Esta encomendou ao envenenador Nesso uma túnica impregnada de veneno. Quando o he-

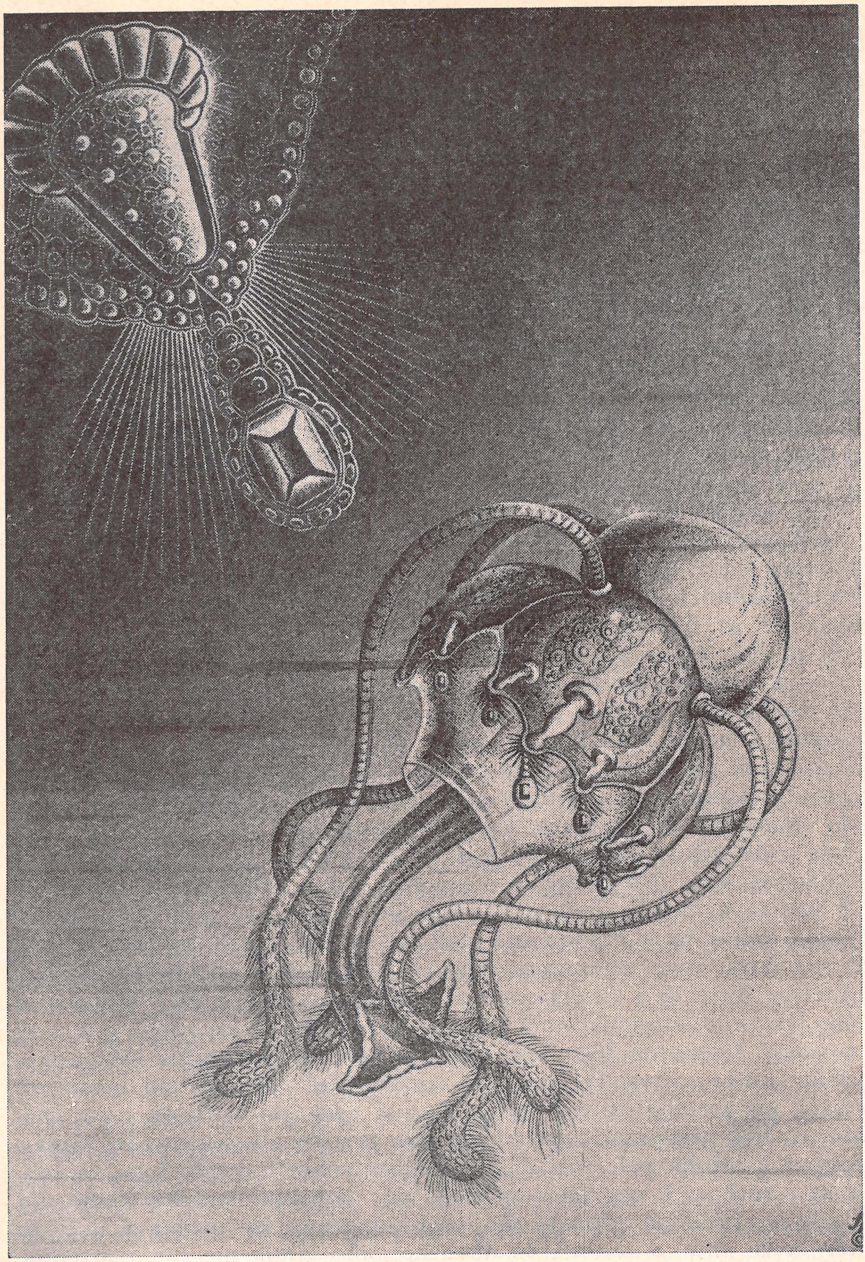


Fig. 106 — O APARELHO ESTABILIZADOR DAS MEDUSAS. Apresenta bilros oscilantes, rodeados de pêlos sensoriais, cujo contato vai orientando o animal sôbre a sua posição no espaço. À esquerda, no alto, um bilro ampliado.

rói iludido quis arrancar a roupagem causticante, a pele caiu-lhe aos pedaços. E assim teve morte inglória o herói invicto. Desconfio que a túnica de Nesso fôra besuntada com visgo de "galeões portuguêses"...

E agora, mais uma vez, a "maravilha" com que topamos quase sempre na pesquisa, se não desistirmos prematuramente. Nesse matagal de lianas diabólicas, mortífero para todos os outros animais, espoja-se um peixe que ali está à vontade como em parte alguma. Que faz êsse peixe? É um agente provocador. Saracoteia-se do lado de fora (b e c); atrai um perseguidor ao enrêdo de filamentos prateados (a). Eis o perseguidor, prêso na floresta maldita, e o traidor assistindo à manobra dos tentáculos envolvendo a vítima. E eis-nos num sarçal de problemas! Um peixe atraiçoa outros peixes, em proveito do medusário, isto é, de sêres doutra espécie; entrega seus "irmãos" ao tentáculo duma potência estranha. Como pôde acontecer històricamente que um peixe escolhesse para domicílio a rêde mortífera dum medusário? E como foi que o medusário, contràriamente ao que faz a todos os demais, não enredou êsse peixe? Porque o contato com os tentáculos, mortal para outros animais, não prejudica êsse protegido? Quando se lhes apresentam dois peixes, como sabem os tentáculos que devem agredir o intruso e poupar o favorito? Quem ensina às novas colônias de pólipos que, um dia, virá nadando um peixinho, filho do velho espião, colaborador dos seus pais e tios, para continuar com elas a mesma profissão abjeta? Quem responder a estas perguntas, merecerá dois prêmios Nobel.

O venéfico medusário faz-se acompanhar também duma protegida: uma alga amarela, rica de carotina. Enquanto o estômago das medusas digere as demais substâncias nutritivas, essas algas são poupadas e fixam-se nas paredes dêsse estômago ou — o que é mais verossímil — são obrigadas a instalar-se ali à fôrça, como prisioneiras acomodadas em "celas", para alimentar a prole. Bem perto dos pólipos gástricos (4, 5) estão os pólipos sexuais, os que produzem os ovos (3); e êsses são cevados com as algas amarelas e nutrientes da despensa da parede digestiva. O amarelo das algas serve ao mesmo tempo de enfeite; acrescenta ao verde-azulado e ao roxo dos tentáculos um tom complementar de grande efeito. Assim, a beleza se associa ao horror, nesses monstros vorazes e ondulantes, providos das armas mais cruéis — uma beleza que ninguém vê e que só existe, enquanto ninguém a vê. Efetivamente, a medusa morre, mal é exposta à luz. E ela própria não se vê. É o belo da natureza, sem outro objetivo que não seja a finalidade universal de tôdas as coisas: ser, existir e morrer (Fig. 107).

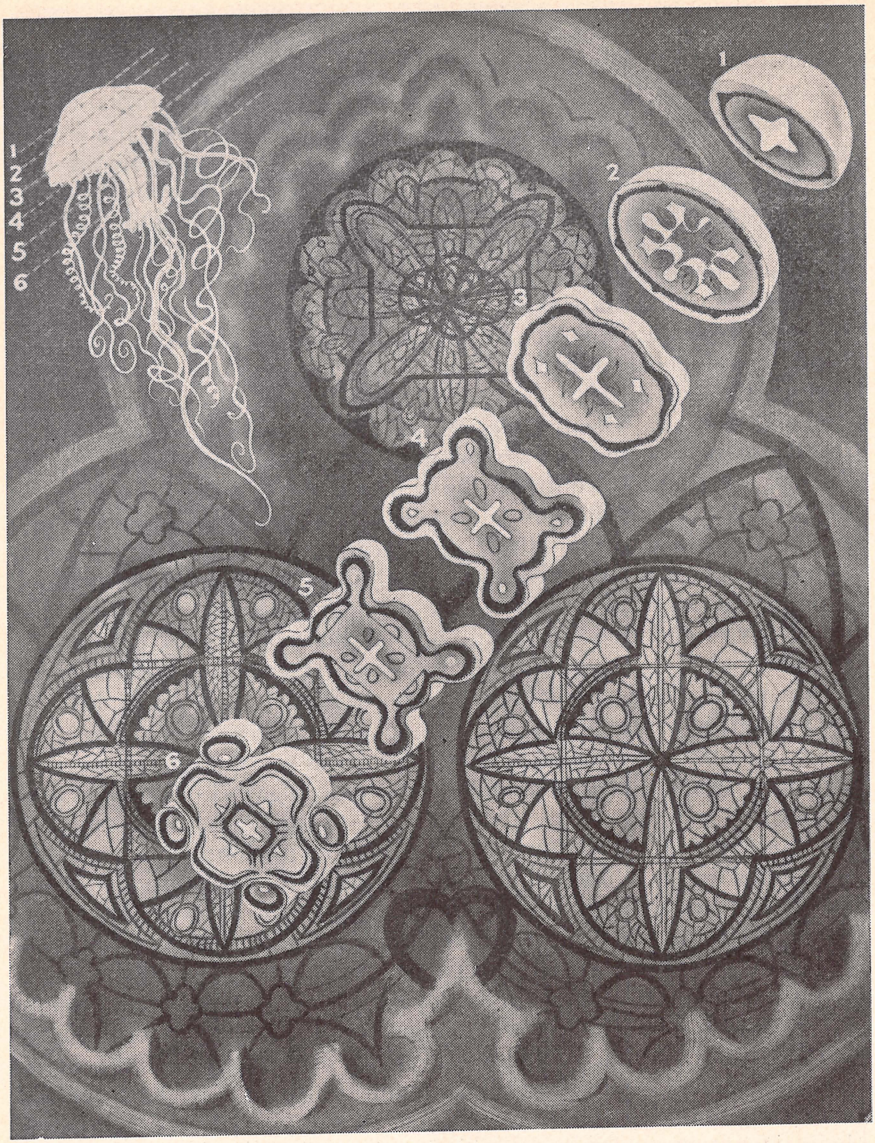


Fig. 107 — A BELEZA DOS PÓLIPOS. Também se evidencia na simetria dos seus cortes transversais, que exibem arabescos. À esquerda, em cima, a medusa que forneceu êstes cortes; de 1 a 6, as seções onde se fizeram os cortes.

Capítulo IX

OS VERMES

1) Primeiro acontecimento de significação histórico-universal: as medusas inauguram a simetria bilateral e passam a ser vermes rasteiros

Há uma espécie de medusa diferente de tôdas as outras, a ponto de se poder duvidar de que tenha, com as demais medusas, qualquer laço de parentesco. É o ctenóforo ou "medusa de costelas", que se move, não pela pulsação, e sim por meio das remadas das minúsculas "costelas" que traz do lado de fora da campânula (Fig. 105). As costelas não se distribuem regularmente sôbre a campainha; mas, pela primeira vez, se nos depara aqui, num animal pluricelular, a simetria bilateral. Não é um progresso apoiado na lógica. Seria admissível a idéia dum mundo de criaturas muito evoluídas, de estrutura análoga à dos pólipos de simetria radiada. O certo é, porém, que na terra tôdas as criaturas superiores se orientam bilateralmente; e é com o aparecimento da simetria bilateral que se inicia a escala das criaturas às quais aplicamos a qualificação de superiores. Seria belo e simples podermos dizer que a evolução se operou em linha reta: medusa, ctenóforo, verme, animal vertebrado, homem. Mas a natureza não é simples; não é um técnico ambicioso. Em conseqüência, não foi êsse o curso da história. Qual foi não sabemos. Provàvelmente não houve curso, tal como não houve "curso" nas criações de Leonardo ou de Rubens. Mas, aqui e acolá, se nos deparam tipos de animais que nos permitem conjeturar como se sucederam as etapas. Certas medusas não flutuam; rastejam; isto é: fazem o contrário do que é característico das medusas, que flutuam levemente (Fig. 108). Essas medusas rasteiras assemelham-se tanto ao grupo "seguinte" de animais, os vermes distomídeos, que se poderiam confundir com êles (Fig. 109 e 110). Não sabemos se os vermes derivam das medusas. Tratando-se de animais que não deixam após si um esqueleto, e de processos que se passaram há centenas de milhões de

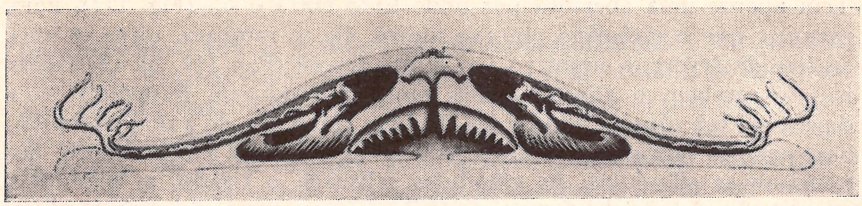


Fig. 108 — A MEDUSA RASTEJA. E assim, talvez, apontou o caminho ao verme.

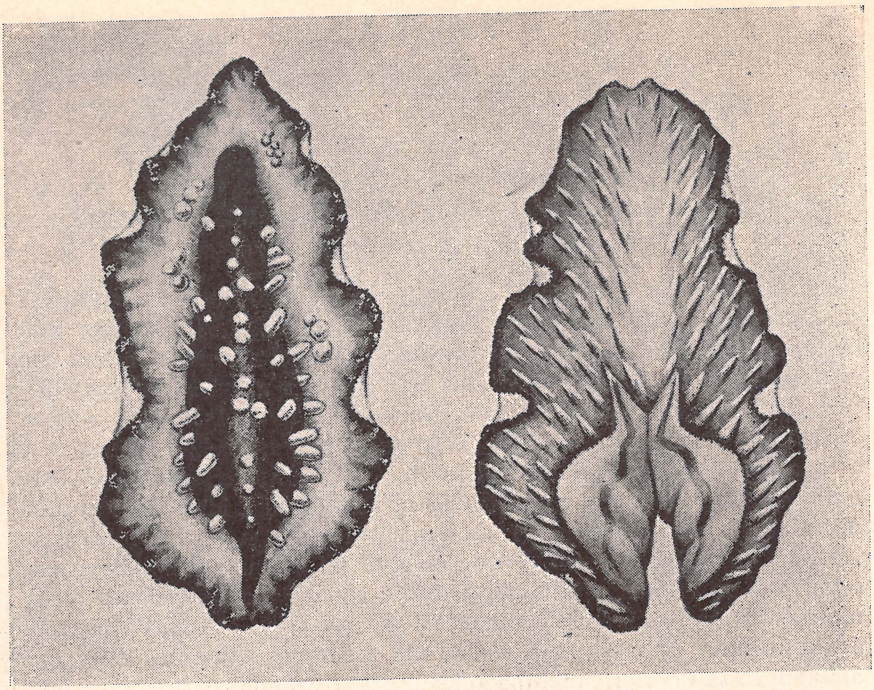


Fig. 109 — MEDUSA RASTEIRA. Fig. 110 — VERME DISTOMÍDEO.
Parecem-se, a ponto de se confundirem um com o outro, se bem que apresentem, na estrutura interna, diferenças notáveis, ainda não elucidadas por nenhuma teoria.

anos, em mares desaparecidos, não há esperança de chegarmos um dia a averiguar isso. Também não importa que haja sido assim ou doutra forma. O importante é que das medusas se posssam ter originado vermes.

2) O verme distomídeo ou distoma, tronco da estirpe dos vermes

O animal que, à semelhança do pólipo, consta dum cálice, mas rasteja com simetria bilateral, chama-se verme distomídeo, ou distoma. Tem apenas uma abertura por onde tudo entra e sai (Fig. 111). Para permitir que o estômago absorva muito, êle se ramifica, torna-se uma espécie de árvore, o negativo ôco duma árvore (Fig. 111, 3). Os canais não só recebem o alimento, mas também produzem fermentos para digerir as substâncias absorvidas. Dobras tubulares do canal digestivo, nas quais se fabricam produtos para a digestão, ou a reprodução, denominam-se glândulas. As glândulas salivares, o fígado, as glândulas sexuais são dobras da parede digestiva — em parte, da pele também — (1). Como a maioria das criaturas simples, os vermes distomídeos são

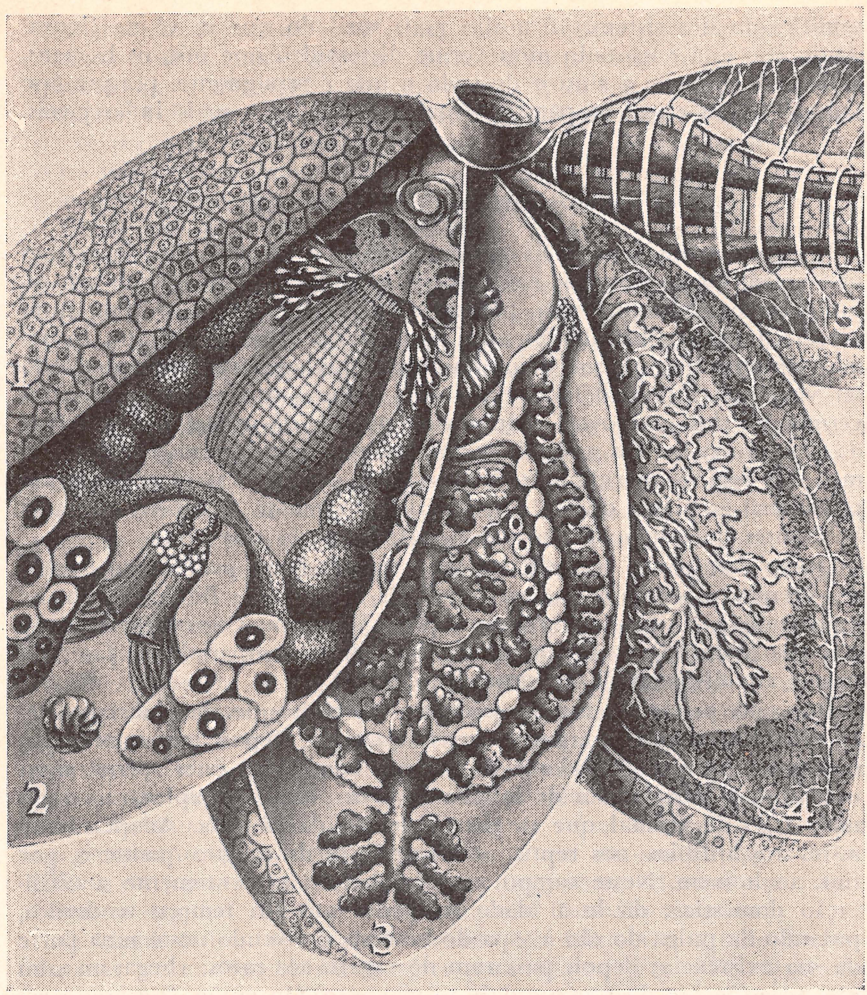


Fig. 111 — O VERME DISTOMÍDEO. E os seus cinco sistemas de órgãos: 1) epiderme; 2) ovário; 3) estômago; 4) vesícula espermática; 5) sistema nervoso. (Adaptação de obras científicas do século passado).

hermafroditos, isto é, constam do masculino Hermes e da feminina Afrodite. Trazem, conseqüentemente, no corpo tanto o ovário, como as glândulas seminíferas (4). Na Fig. 111, secionou-se um verme distomídeo, de modo que cada seção nos apresenta isoladamente um sistema de órgãos. Os cinco sistemas, aí nìtidamente separados, entrelaçam-se. Para chegar à compreensão da realidade, cumpre elaborar mentalmente a figura, como qualquer outra da ciência natural. O tamanho do animal não excede a metade duma das letras impressas nesta página; a

ramificação dos sistemas é muito mais sutil do que se vê na figura. Tudo isso está engastado num verme distomídeo que nós, os homens, abominamos como a síntese de tudo o que é repugnante, porque êsse animal figura entre os parasitas mais espalhados e mais indesejáveis.

3) O verme distomídeo torna-se parasita

Ninguém pode fazer idéia da quantidade e da profusão de vermes que vivem como parasitas em vegetais e animais. Nem mesmo um especialista em helmintologia, porque é idéia que não pode caber num cérebro humano. Estudando uma monografia sôbre o assunto, ficaremos semanas inteiras sob a impressão deveras apavorante de que todo ser vivo está inçado dêles. Peixes, aves, saladas, nada está imune dos vermes ou dos seus ovos; o impulso que nos dá o que lemos acêrca da contaminação dos animais e dos homens, por intermédio dos vermes, nas regiões meridionais, é cancelar a passagem para a "excursão primaveril às plagas do sol". Apesar disto, vivemos. Também vivem os habitantes de Ceilão; e não menos satisfeitos do que nós.

Quem dominar o mêdo e vencer a repugnância poderá, no estudo dos vermes, saborear o "romantismo", da História da Biologia como se lesse Dumas, E. T. A. Hoffmann, Júlio Verne ou Conan Doyle. Que é a tão admirada metamorfose da borboleta, comparada às fases da vida e aos disfarces dum verme distomídeo?

Das suas primeiras formas podemos concluir que, originàriamente, os vermes distomídeos eram animais aquáticos. Depois tornaram-se parasitas de animais inferiores de sangue frio. Com êstes, penetraram nos animais vertebrados de sangue frio: os peixes; e exploraram todo novo tipo de animal que surgiu no teatro da história. Adaptaram-se assim aos anfíbios, aos reptis, aos mamíferos de sangue quente e, por fim, ao homem. Neste campo, acompanharam evidentemente a civilização doméstica, desde a idade da pedra até aos tempos modernos, pulando da pulga do cão à sopa do homem, e vivendo neste uma parte da sua existência; depois passaram do esgôto aos ratos; chegaram com êles ao estômago do porco e dali ao presunto. Ou então, flutuando em águas servidas, nos rios, instalando-se em pequenos crustáceos, por meio dêstes em peixinhos, pelos peixinhos em peixes maiores. Um belo dia, aparecem na mesa da cozinha, nem sempre pelo caminho direto e sim por linhas tortas, servindo-se do gato guloso. Os ovos aderem ao pêlo do bichano, êle os leva à cama do garôto; ou o cachorrinho os lambe no chão e, ao fazer festas, os deixa no dorso da mão do chefe da família donde os apanha o queridinho da casa. Por que tudo isto? Biogênese: no princípio da vida, forçado pela hereditariedade, todo animal repete a história da sua espécie. O ôvo dum verme distomídeo, venha donde vier: intestino do rato, do cão ou do homem, tem de voltar à água; ali rodopiará como larva pestanuda; chegará em seguida a um animal de sangue frio: crustáceo, molusco ou peixe, para trans-

formar-se; só depois de viver como "larva", numa poça de água ou no oceano, poderá como "adulto" voltar ao corpo dum animal de sangue quente. Eis a tripartição da existência, típica em verdade, do verme parasita: vida livre na primeira idade, principalmente na água; a época da maturidade, num animal inferior, em geral de sangue frio; a terceira parte, como animal maduro, o verme passa a um animal de sangue quente que engoliu o outro hospedeiro.

Existe um verme cuja finalidade — para isso não há explicação racional — é chegar ao intestino dum pássaro cantor, ainda quase implume. Concurso a prêmio: como consegue um verme distomídeo, flutuando numa lagoa, chegar ao intestino dum passarinho que ainda está no ninho com os pais, ou empoleirado no cimo duma árvore? O verme insinua-se num caracol que o deposita na relva, à beira da água. Como pode um verme de dentro de um caracol, à beira da lagoa subir ao ninho dum pássaro? Leva-o lá acima a mãe do passarinho, ao procurar biscato. A mãe-pássaro, procurando alimento para os filhotes, não perde tempo em tirar caracóis das conchas; apanha o que lhe aparece por assim dizer diante do nariz. Como se arranja o verme, vivendo dentro do caracol, para ser levado pela mãe-pássaro, que voa apressada, à procura de biscato para os filhotes? O verme abre canais no interior do caracol e enche-os de germes. Êsses tubos de germes crescem, atravessam cuidadosamente o caracol, sem o matar, chegam-lhe às pontas das antenas. Ali incham tanto, que o caracol não as pode recolher, quando o pássaro se aproxima. Para lhe atrair a atenção, o tubo de germes, sob a película transparente e tênue das antenas, tinge-se de verde e de branco, tal qual a jaqueta dum jóquei. Os germes agitam-se e a antena alvi-verde acena ao pássaro. Êste, engodado pela ilusão de apanhar uma lagarta, apanha a antena palpitante e leva-a diretamente aos filhos, no ninho. O verme conseguiu o seu fim aparentemente impossível: chegar do caracol dentro da lagoa a um filhote de pássaro, num ninho bem protegido no cimo duma árvore. "Bem protegido"... sim; se a natureza não fôsse tão astuciosa!

O verme distomídeo mais conhecido é a fascíola que todo homem, durante o ano, recebe várias vêzes no intestino (Fig. 112). O animal sexualmente maduro (1) instala-se no fígado do carneiro e produz ovos. Milhões dêles se perdem, antes, que um chegue acidentalmente à umidade (2). Ali rasteja para fora do ôvo a larva, um animal ciliado, que procura, entre centenas de diferentes espécies de caracóis, a que, provàvelmente por motivos de experiências históricas, oferece terreno propício ao seu plasma. Êste caracol transforma-se então em larva; não aproveita, no entanto, esta fase, para se converter imediatamente em verme. Multiplica-se primeiro, porque individualmente o animal tem pouca probabilidade de êxito, na carreira desejada. Em 4, vemos a jovem larva cheia de filhotes. Em 5, se nos depara uma larva mais velha, na qual os filhotes se multiplicaram mais uma vez, tomando a forma de girinos porque se preparam para sair (6). Essas larvas receberam o nome de "redias", de Redi, o sábio italiano que as descobriu. Em

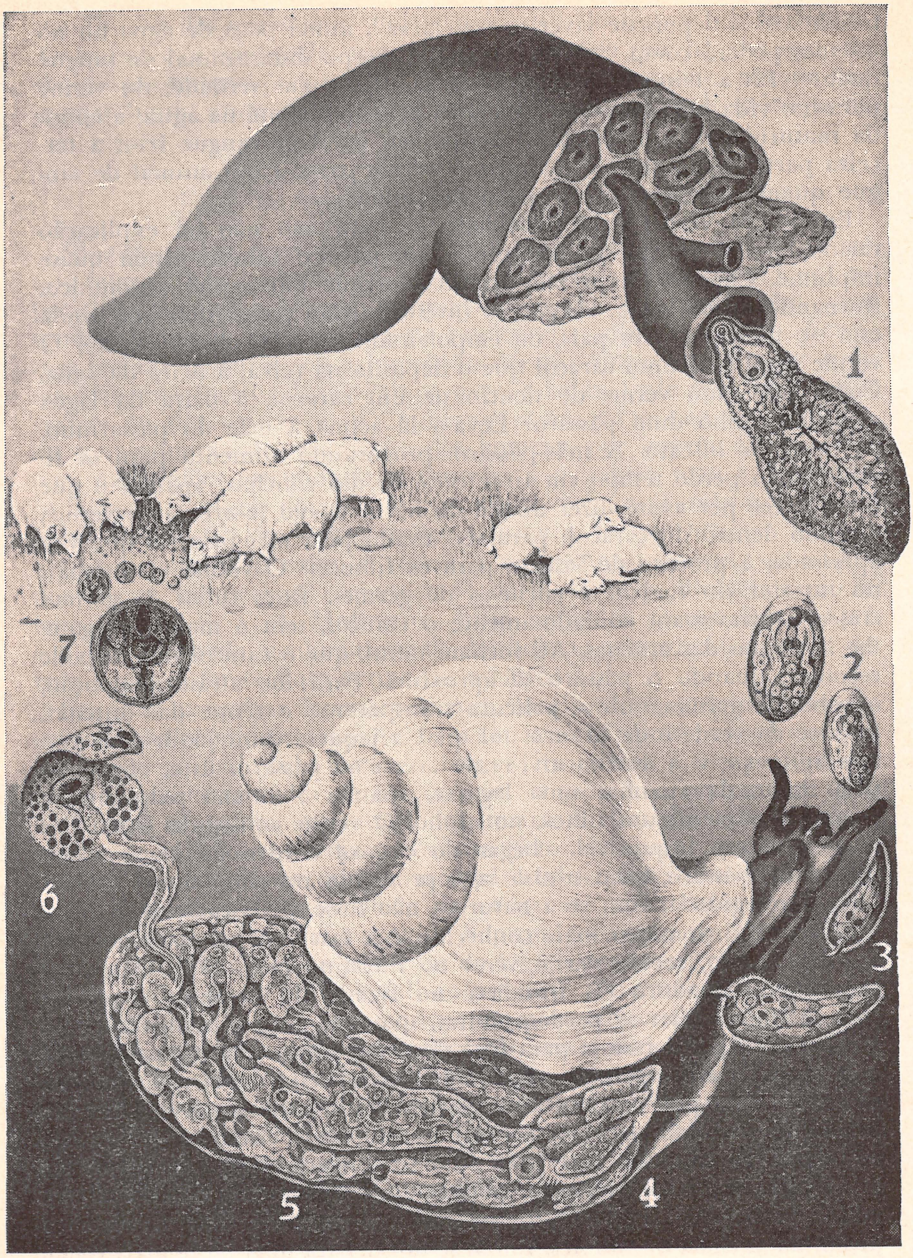


Fig. 112 — CARREIRA DUM VERME DISTOMÍDEO. A fascíola hepática dos carneiros oferece um exemplo das inúmeras carreiras românticas dos vermes, convertidos em parasitas. (Explicação no texto).

vida, Redi foi famoso, detentor de muitos títulos honoríficos. Ter-se-ia maguado decerto, se alguém lhe tivesse contado que, de tôda a sua fama universal, não restaria senão o nome dado à larva dum parasita do fígado do carneiro. "Sic transit gloria mundi!"

Chegados ao tamanho conveniente, os "girinos" flutuam e vão-se para terra, onde pastam os carneiros. Rastejam até onde haja umidade, sobem dentro das hastes das ervas, encapsulam-se e ficam aguardando um carneiro que as devore (7). No estômago do ovino, a cápsula dissolve-se; o jovem verme insinua-se no fígado. Em média, vinte e cinco por cento dos carneiros são portadores de fascíolas. Nos anos úmidos, em que os parasitas penetram mais terra adentro, essa percentagem pode duplicar-se, ou ser até maior. Entre os homens, o verme distomídeo prejudica apenas os criadores de gado ovino; e a muitos dêstes arruinou-os o mal causado pela fascíola, não ao fígado dêles, mas ao dos seus carneiros. No nosso mundo extravagante não se fabricam bens materiais para tornar os homens felizes pelo bom; põe-se, pelo contrário, todo empenho em que os produtos da indústria não sejam "bons demais", a fim de que o cliente seja em breve obrigado a comprar mais, para manter assim em ação o movimento artificioso da engrenagem da vida comercial. Nessa atividade ladina, insere-se, com lógica pérfida, o caso dos criadores de ovinos que inoculavam fascíolas nos seus cordeiros, antes de entregá-los à clientela, "na esperança de que os animais que lhe enviamos, tratados com cuidado especial, dêem plena satisfação a V. S. e possamos contar, sendo-lhe precisa, com outra encomenda..."

4) Segundo acontecimento de significação histórico-universal: abertura do intestino; advento do animal superior

"Um dia", operou-se no corpo do animal uma transformação que só o homem de mentalidade científica menciona e considera como "acontecimento significativo", enquanto o homem comum prefere guardar silêncio a êsse respeito. Mas foi um dos maiores acontecimentos na história da vida terrestre (Fig. 113). Rompendo-se o intestino do verme distomídeo (A) na extremidade cega, abriu-se o ânus (B). Até aí, todos os animais tinham *uma* abertura pela qual absorviam o alimento e expeliam os restos não assimilados. As próprias células sexuais eram eliminadas através dêsse estômago-intestino-bôca (A, de 1 a 4). Com a perfuração do intestino, mudou radicalmente a estrutura e o estilo de vida da criatura. O cálice converteu-se em canal por onde os alimentos passavam lentamente e eram lentamente elaborados (1 a 4). Tudo o que abandonava o corpo, inclusive as células sexuais, passou a ser expelido pela abertura posterior. Automàticamente, o corpo se repartiu em duas metades: a anterior e a posterior (C). Na metade anterior alojaram-se os órgãos que serviam para absorver: tentáculos, instrumentos da mastigação, órgãos respiratórios, aparelhos sensoriais. Passaram para a metade posterior os órgãos da digestão: intestino, fí-

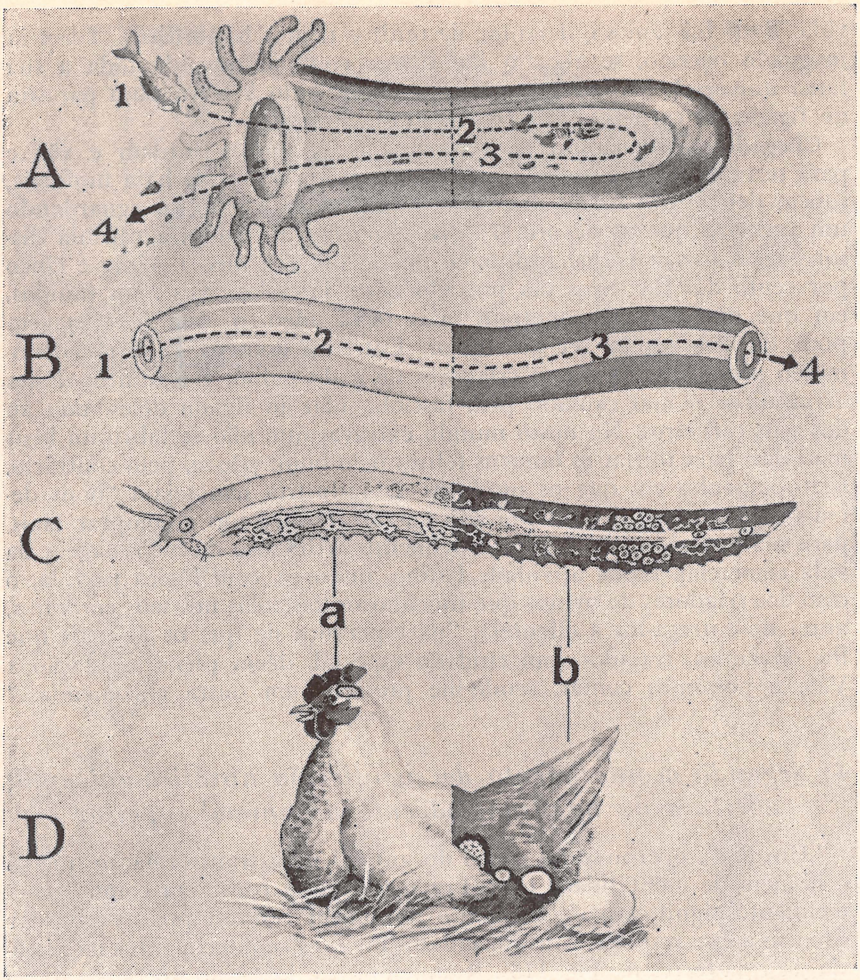


Fig. 113 — "ACONTECIMENTOS HISTÓRICOS" NA HISTÓRIA DA NATUREZA. A abertura do intestino nos vermes distomídeos inicia a evolução para o animal "superior", permitindo a divisão do corpo em parte anterior motriz-intelectual, e parte posterior vegetativa.

gado, rins; e as glândulas sexuais. Entre as duas partes, encontra-se habitualmente o aparelho locomotor, que suporta e move o todo.

Essa divisão do trabalho é tão revolucionária, que não há, para a divisão do reino animal em sêres inferiores e superiores, característico melhor do que êste: os animais dotados de estômago-intestino-bôca são animais inferiores, porque lhes está vedada tôda possibilidade de organização mais elevada. Os animais de intestino aberto são animais superiores; e, embora alguns dêles não se tenham elevado, resta-lhes sem-

pre essa possibilidade. Foi, com efeito, dêste ponto da história, que evolveram os três reinos dos animais superiores, com o distintivo comum do intestino aberto no fim, em ânus: os moluscos que incluem a criatura fabulosa: o polvo; os anelados, que produziram os grandes crustáceos e as colmeias de abelhas; e os vertebrados cujo espécime mais perfeito está aqui, ocupado em ler (Fig. 114).

Capítulo X

OS MOLUSCOS

1) Um animal coleante e a sua história sinuosa: o caracol

Entre as duas aquisições: simetria bilateral e perfuração do intestino, a segunda é sem dúvida a mais importante; e nenhum descendente do verme intestinal renunciou a ela. Mas nem todos aderiram à simetria bilateral. Um grupo de descendentes dos vermes dispõe os seus órgãos em forma de estrêla, razão por que se denominam asterídeos. Mas, como apresentam a pele coberta de espinhos, também se chamam equinodermos. Estrêlas do mar, ouriços do mar, pepinos do mar são os representantes menos notados dos equinodermos, se bem que, sob muitos aspectos, muito interessantes e dignos de apresentação. Ao lado dêles existe um segundo grupo, formado evidentemente de descendentes primitivos dos vermes que conservaram a simetria bilateral: os moluscos: caracóis, mariscos e polvos (Fig. 114).

Os moluscos são um grupo numeroso que nos demonstra mais claramente do que qualquer outro ramo da zoologia a índole da natureza, o seu caráter sem finalidade, caprichoso e artístico. Dir-se-ia que, naquelas eras remotas, a natureza ainda não sabia lidar direito com as duas novas invenções, e experimentava, mais ou menos como os homens, nas primeiras fases da aviação, que apresentaram criações tão extravagantes e diferentes como o balão e o zepelim, o biplano e o monoplano, sem que os contemporâneos pudessem prever qual dêsses tipos se imporia. Aparecem criaturas das quais só se poderia dizer que *não* são — absolutamente — o que são. Não são "nem carne nem peixe"; nem radiados nem de simetria bilateral; nem vermes nem vertebrados. O próprio Lineu, apesar do seu extraordinário talento para a classificação, depôs as armas e arrolou simplesmente os moluscos com os seus antepassados, os vermes. Só nos nossos dias, com o auxílio da biogênese e graças ao estudo das formas da primeira idade, pudemos deslindar até certo ponto as relações de parentesco. Jamais consegui-

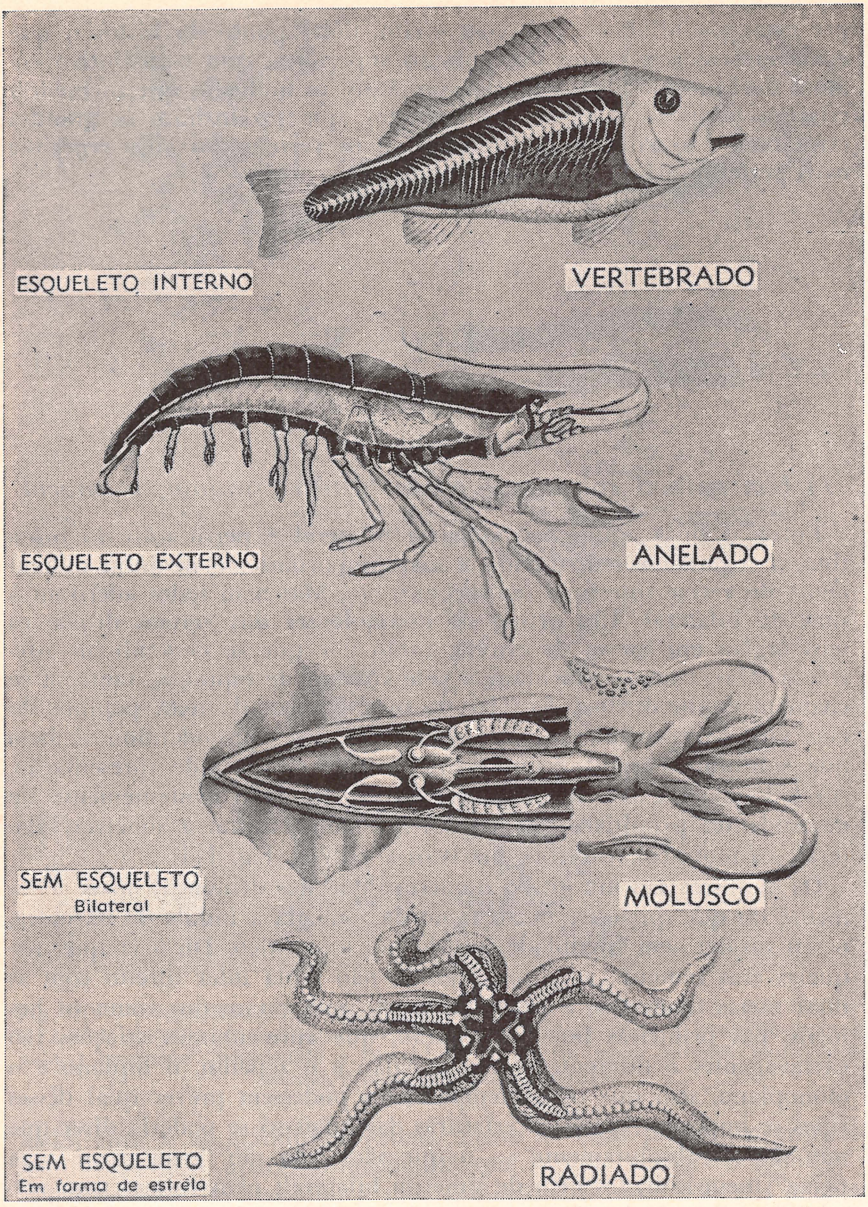


Fig. 114 — OS ANIMAIS SUPERIORES — CARACTERÍSTICO COMUM: INTESTINO ABERTO. Distinguem-se pela falta (1, 2) ou a posse (3, 4) de esqueleto. Os animais sem esqueleto caracterizam-se pela forma de estrêla (1) ou pela simetria bilateral (2). Os animais dotados de esqueleto diferençam-se pelo esqueleto externo (insetos, aranhas, crustáceos) (3), ou pelo esqueleto interior (animais vertebrados) (4).

ríamos traçar uma "árvore genealógica", porque ela não existe. A mania de pintar árvores genealógicas é um "complexo" do século XIX.

Levantemos do chão um caracol e deixemo-lo rastejar na mesa. Para não travar com a dona da casa conflito mais grave do que já nos ameaça, forremos a mesa com um pedaço de papelão. O caracol é, com efeito, um animal fidalgo; nunca toca o solo com os pés. Mas, andando, deita adiante de si um visgo vítreo sôbre o qual, à semelhança do par de noivos caminhando para o altar numa passadeira, o caracol vai seguindo o seu caminho; deixa atrás de si êsse rasto, com indignação compreensível da dona da casa. A primeira coisa que nos atrai a atenção é naturalmente a concha. Nem todos os caracóis têm concha; e já isto nos faz pensar. Se o professor perguntasse por que os caracóis têm concha, o aluno "inteligente" logo lhe daria a resposta "certa": "o caracol encolhe-se na concha, quando o ameaça um perigo". Depende então da cultura e da coragem moral do mestre desmascarar essa resposta "certa", com as perguntas seguintes: "Todos os caracóis têm concha? Por que uns a têm e outros não? Como se protegem os caracóis nus? Como é que os caracóis nus não morreram, se não se podem defender dos inimigos?" Percebe-se que instrumento fraco é, perante os problemas da natureza, o critério da "utilidade".

Investigando a história da concha de caracol, esbarramos no fato desconcertante de que o caracol nu nem é a espécie mais antiga, isto é, dos que "ainda não tinham casa"; deriva, pelo contrário, de caracóis providos de concha. Os primeiros caracóis eram, com efeito, nus e "normalmente" de simetria bilateral (Fig. 115, 1). Depois, apareceu-lhes nas costas uma chapa de cálcio, que se arqueou em concha; como o novo material segregado pelas glândulas do caracol se acumulava nela unilateralmente, a concha desviou-se lateralmente da linha central e converteu-se no abrigo sinuoso do caracol; o corpo, acompanhando a assimetria da concha, também se tornou assimétrico (2). A história da casa de caracol atinge o ponto culminante, nos cálidos mares cretáceos. Nestes, o caracol construía conchas do tamanho duma roda de carroça — o Carnac e o Coliseu da história dos animais.

A concha tapa a vista do caracol; em conseqüência, êle teve de colocar os olhos em cabos. Curioso expediente arquitetônico! Na bôca, porém, o caracol tem um mecanismo sumamente prático: a língua-almofariz, um moinho automático para verduras que lhe faz, das fôlhas, creme de espinafre. Como está no andar térreo duma tôrre espiral realmente curiosa — a ponto de lembrar a de Pisa — a verdura moída nesse mecanismo sumamente moderno, para ser digerida, tem de subir primeiro uma escada de caracol, e voltar depois do sótão ao rés-do-chão. Outros animais trazem a cabeça no alto e o fígado embaixo. No caracol, é o inverso: o fígado flutua-lhe acima da cabeça. Os órgãos sexuais também pendem de cima, na escada de caracol. Não admira absolutamente que um animal de estrutura tão contra a natureza também se desvie da norma das criaturas superiores, trazendo os testículos ao lado do ovário; isto é: o caracol é hermafrodito. Pri-

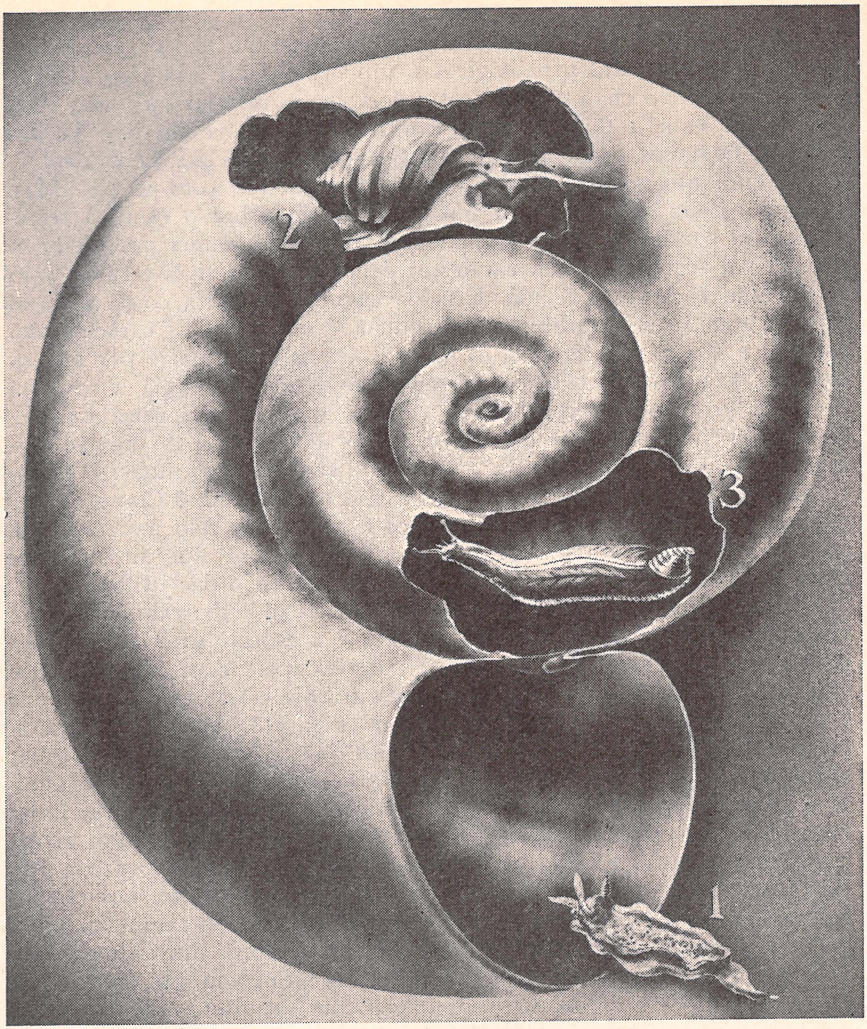


Fig. 115 — A HISTÓRIA DO CARACOL DESCREVE UMA ESPIRAL. De caracol nu (1), depois da construção da concha (2) a caracol nu (3). Em 3, vemos um caracol que deixou atrofiar a concha dos antepassados, a ponto de ser ela um resto absolutamente inútil na extremidade posterior — um dos numerosos exemplos de que o princípio da utilidade não desempenha, de modo algum, o papel que se lhe atribui atualmente.

meiro, professa naturalmente o sexo forte e produz células espermáticas; protendendo a extremidade do canal genital aparece um "membro". Então o caracol é "homem" — e mais pròpriamente um "superhomem", um sádico. Escultor nato, fabrica flechas amorosas de cálcio e arremessa-as à fêmea, nas "ilhargas". Ela torce-se de dor; mas, como é mulherzinha às direitas, à sua dor se associa o prazer; e o apaixonado brutal aproveita-lhe o êxtase para se agarrar. Inicia-se aí o longo jôgo amoroso tantas vêzes descrito e até fotografado, que é característico dos moluscos. Finalmente o caracol emite as suas células seminais e aí termina a sua virilidade. Começa então nêle, já livre do que o tolhia, o desenvolvimento das células; o caracol se torna fêmea. A sua brutalidade masculina tende para paciência feminina, e êle recebe, como *ela,* flechas na carne macia, torcendo-se de dor e de prazer. Fecundada, a fêmeazinha sai rastejando, cava um buraco e deposita nêle o seu monte de ovos perlados. Os deuses da Grécia, malandros divinos que matavam o tempo como os nossos estetas de café, sentados à mesa a discutir sôbre Deus e o mundo, chegaram, segundo a mitologia, também ao quesito: no ato de amar, quem sente mais: o homem ou a mulher? Foi-lhes difícil achar uma testemunha capital que fôsse, no amor, homem e mulher ao mesmo tempo. Todavia, se os deuses gregos conhecessem a natureza como agora a conhecemos, não se veriam em apuros: o caracol poderia dar-lhes a resposta..

Depois de aprenderem, no curso duma longa história, a arte da arquitetura, de criarem tantos tipos de conchas, que estas enchem alas inteiras de museus e propõem contìnuamente aos matemáticos novos problemas na análise, os caracóis, cansaram-se de produzir, como os homens das velhas civilizações; e, como o colecionador demasiado rico, enjoaram da coleção demasiadamente avolumada. Adquirir é prazer, possuir é pêso. Desistiram então de fazer casas; e, abandonada a concha, cuja assimetria forçara o corpo a tornar-se assimétrico, o caracol sem essa constrição tornou-se novamente livre e simétrico. Estava nu, no princípio da história, e nu reaparece no fim. "Nu saíste das entranhas maternas, e nu irás para a cova". Esta frase, dita ao homem, bem pode servir de epílogo à história da espécie outrora tão soberba e hoje reduzida a formas tão modestas: a espécie do caracol.

2) Um marisco, e o foco duma doença na concha do marisco: a pérola

Paira uma sombra sôbre o banco de ostras; os mariscos se fecham. Não lhes vale muito: a raia de capa larga esvoaçante, que se vem acercando como Mefisto na Ópera, tem uma dentadura de ferro. Quebra a orla da concha, como se usasse torquês e, pela brecha, suga o marisco (Fig. 116, 1). Mas a gulosa é castigada: contamina-se com a larva da tênia, escondida no manto do marisco, aguardando uma raia que a venha engolir. Sim; eis a natureza: na concha das ostras, ocul-

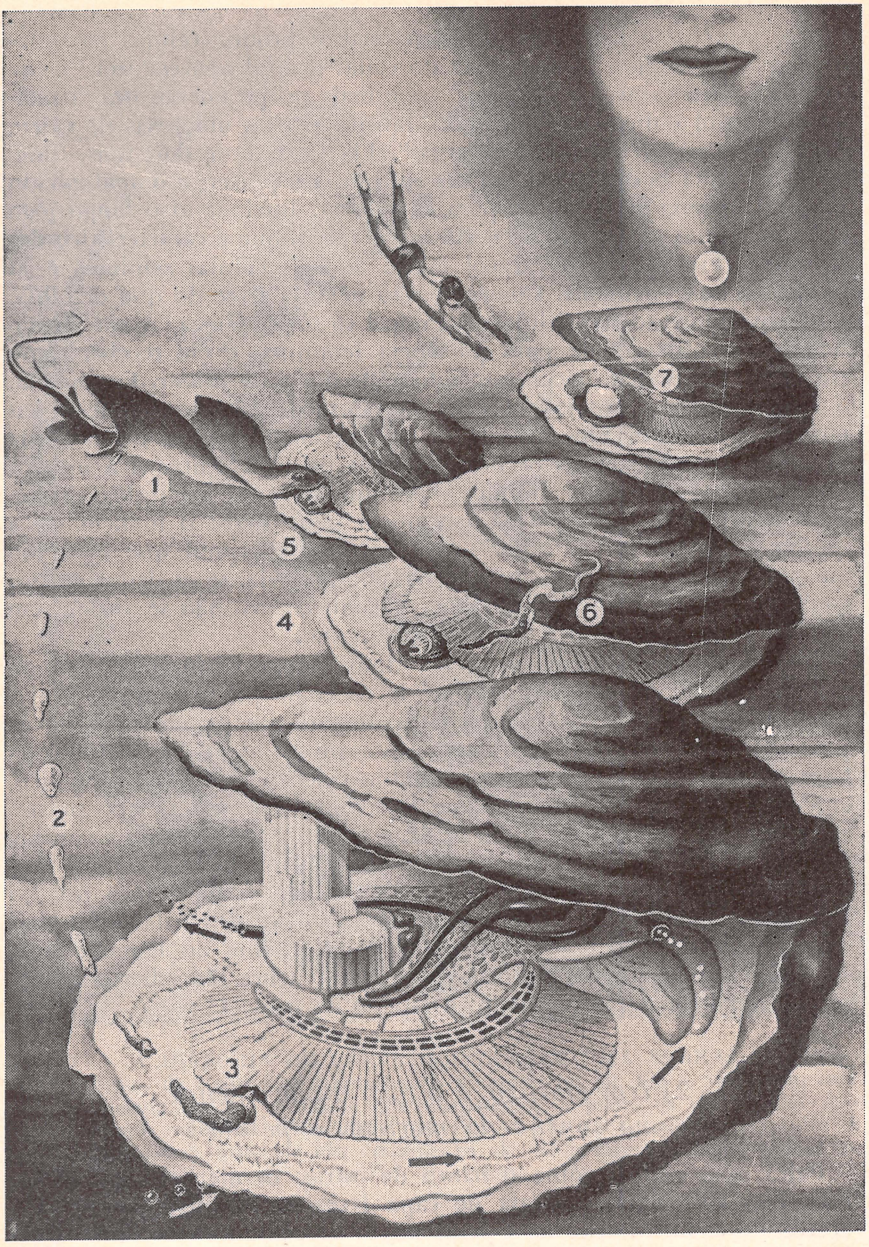


Fig. 116 — BIOGRAFIA DA PÉROLA. A vida da pérola começa na raia (1). Larvas de tênia de raia (2) insinuam-se no marisco (3) e ali se transformam (4, 5). Muitas dessas larvas são contaminadas por tripanossomos (6), em conseqüência do que a pérola deriva da encapsulação da larva envenenada (7).

tam-se larvas à espera de serem comidas pelas raias. No intestino do peixe, a larva transforma-se em tênia, põe os ovos; êstes, chegando ao mar, tornam-se larvas pestanudas (2) e vão flutuando, à procura doutras ostras (3).

Os mariscos são verdadeiros labirintos da anatomia e outro tanto para nós. Temos uma idéia relativamente clara da estrutura do verme; uma noção vaga do caracol; do marisco, porém, nenhuma; nem é de estranhar, pois o marisco, zombando de tôda teoria de progresso, renunciou à cabeça, ao orgulho de tôdas as invenções, porque na sua concha nada vê e nada precisa ver. O marisco aloja-se no seu aposento de madrepérola, como Madame Pompadour nos quadros de Boucher, com uma larga cauda em leques (3). A orla vibra, a água insinua-se entre as valvas, fáceis de se abrirem, e segue na direção da flecha para a bôca. No marisco, tudo se reduz à forma mais simples; a bôca não é senão a abertura (desenho em prêto) do tubo intestinal que, no meio, se dilata em estômago. A coluna rodeada pelo intestino é o músculo constritor, um dos músculos mais fortes produzidos pelo reino animal. Qualquer pessoa que tenha encontrado dificuldade em abrir uma ostra conhece a fôrça dêsse músculo, contra o qual o braço do homem é impotente, se não se valer duma alavanca.

Contíguo ao intestino, corre no marisco um segundo tubo (desenho claro); é a veia. Perto da bôca, ela se alarga num coração cujas pulsações fazem circular o sangue impelindo-o também através da larga *brânquia,* semelhante a um grande leque, desdobrado de maneira que a água saia do marisco ao longo da orla. Até essa orla corre o sangue, por milhares de veias delgadas que se ramificam entre as varetas do leque. A guelra do marisco não apresenta as poucas dezenas de varetas que vemos na figura; na realidade, são milhares. A presença dessas brânquias é característica de todos os animais aquáticos superiores.

O parasita insinua-se debaixo do leque respiratório do molusco (3). Ali se transforma (4) e abandona o marisco (5), o que seria pròpriamente o fim da história se, às vêzes, não comparecesse um segundo parasita, êste da família dos tripanossomos (6). (Veja-se a figura 93). À semelhança de numerosos tripanossomos, êste segundo parasita apresenta um modo de vida característico. Procura exclusivamente, como hospedeiros, as larvas de tênia que procedem da raia e germinam sob a guelra. A larva perfurada adoece e as suas toxinas causam irritações ao marisco. Êste liquefaz em tôrno da larva uma cova e ali encerra a enferma, à semelhança dos povos bárbaros que emparedavam, vivos, os doentes incuráveis. Como construtor de conchas, o marisco levanta em tôrno do animal amortalhado um sarcófago de delgados prismas que toma forma de globo: a pérola. As pérolas são os caixões mortuários onde o marisco encerra a múmia duma larva de tênia, saída do intestino da raia. Eis uma definição da pérola de que, em verdade, ninguém — inclusive e especialmente as donas das enfiadas de pérolas famosas da história — tem a menor idéia. Esta definição é um produto típico do espírito do nosso tempo, já que nós, como os detetives, tim-

bramos em esmiuçar todo "caso" da natureza, nos mínimos detalhes. Há provàvelmente outras enfermidades de cuja reação se originam pérolas, pois também no homem várias causas provocam "ulcerações". Shakespeare mencionou os átomos, como se soubesse o que é o átomo. E referiu-se às pérolas, como se soubesse a história do tripanossomo: "As your pearl in your foul oyster" (1)

3) As sibas — obras-primas da natureza

As sibas — ou sépias, *peixes-da-tinta,* como nós as chamamos, para simplificar, embora só algumas espécies segreguem tinta — percorreram na sua história a mesma espiral que o caracol: a princípio nu, depois com abrigo, para reverter finalmente à nudez (Fig. 118, de 1 a 5). Houve sibas no mar cretáceo, tão grandes, que as suas conchas não passariam por uma porta. Hoje, de tôdas as sibas providas de concha subsiste, no sudoeste do Pacífico, essa câmara de antiguidades tão importante para a ciência, sòmente o *náutilo* (4), numa concha sinuosa criada pelo animal; à medida que vai crescendo, o náutilo produz conchas cada vez maiores, e sempre se instala na mais espaçosa. A concha do argonauta, que vemos em 13, não é uma habitação nem um retôrno ao fabrico de conchas: é apenas um ninho que a fêmea do argonauta Argo faz com as glândulas de duas valvas (11) para acolher a cria. As sibas desistiram de fabricar conchas, como o caracol, com inteligência crescente. Mais inteligência equivale a menos conchas.

As sibas derivam da família do caracol. Os seus antepassados foram provàvelmente animais terrestres que rastejavam num pé chato, à maneira do caracol (1). Começando a flutuar, enrolaram-no em tubo; originou-se assim o saco que aparece na figura 4 (entre os olhos e o número 4) como um vaporizador. Enchendo-o e esvaziando-o, a siba move-se mediante êsse pé transformado em cano de descarga, com uma espécie de propulsão de foguete. Para entender a siba, convém estudar a figura 117. Êle é como o ginasta na barra, uma criatura dobrada numa curva de quase 360°, com as extremidades à altura da cabeça, motivo por que está registrado na ciência como "cefalópode". No tocante à história da evolução, êsse animal nada tem de comum com o homem; mas tomem nota: quando o plasma se organiza em criatura, aparecem construções de planos fundamentais análogos.

Um dos exemplos mais convincentes é dado pelo ôlho. A siba desenvolveu um ôlho tão semelhante, nos mínimos pormenores, ao dos animais vertebrados, que só um perito pode determinar, pela diferença na disposição das células da retina — diferença visível apenas ao microscópio — que êsse ôlho não pertence a um animal vertebrado. Na história do reino animal desenvolveram-se, pois, duas vêzes, indepen-

(1) Como a sua pérola, na sua ostra asquerosa.

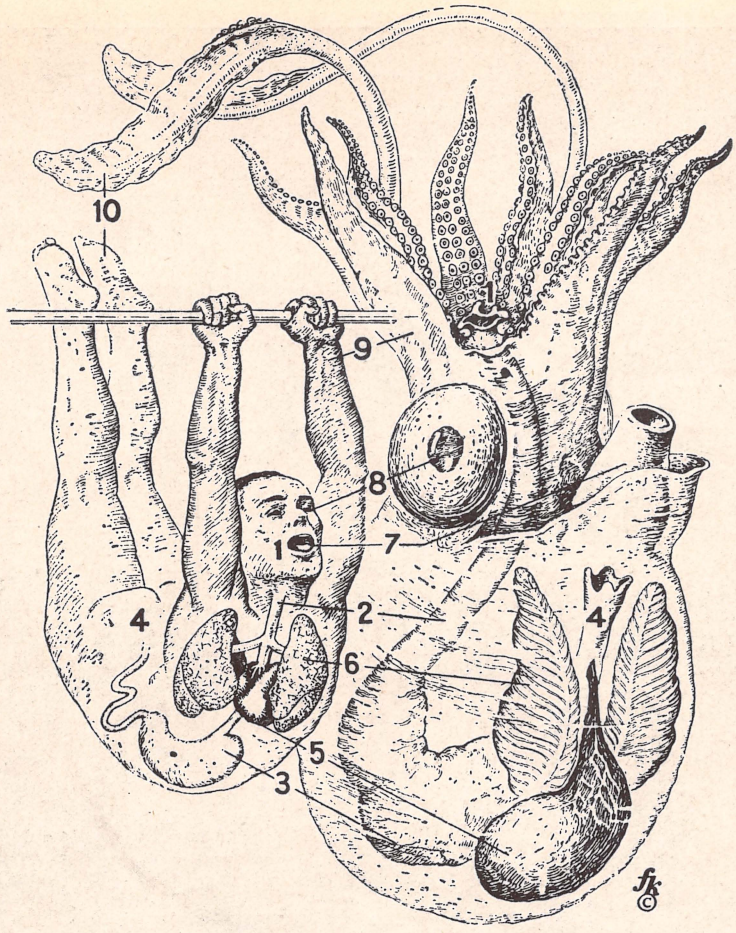


Fig. 117 — SIBA E CORPO HUMANO. A siba vive em postura análoga à do homem suspenso na barra, nesta figura. 1) Bôca; 2) Esôfago; 3) Estômago; 4) Ânus; 5) Bôlsa de tinta; 6) Brânquias; 7) Orifício do vaporizador; 8) Olhos; 9) Tentáculos; 10) Pés.

dentemente uns dos outros, "olhos de animal vertebrado". Se, nos outros planêtas, vivem sêres dotados da visão, essas criaturas devem ter olhos de estrutura análoga à dos olhos do animal vertebrado e da siba; saudarão o recém-chegado e êste terá a impressão de haver desembarcado entre "irmãos".

Para avaliar a inteligência dum animal, não há necessidade de lhe estudar as ações. Se um viajante celeste, chegando à terra, desembarcasse em Mount Wilson, à vista daqueles instrumentos astronômicos, mesmo sem ter topado com um só homem, deduziria que vivem neste planêta sêres de grande inteligência. O ôlho do siba é o melhor ins-

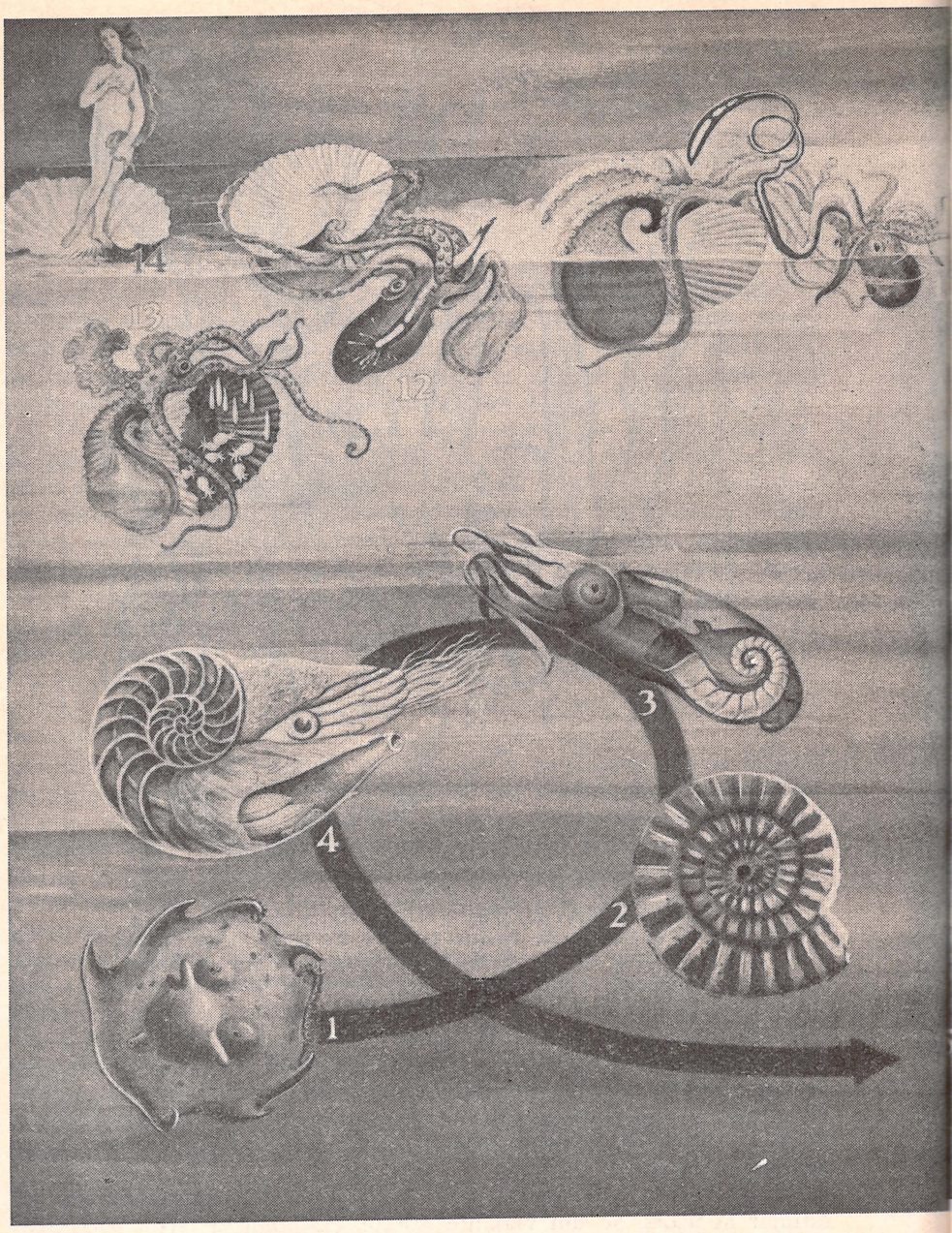


Fig. 118a — A VIDA DAS SIBAS, I.

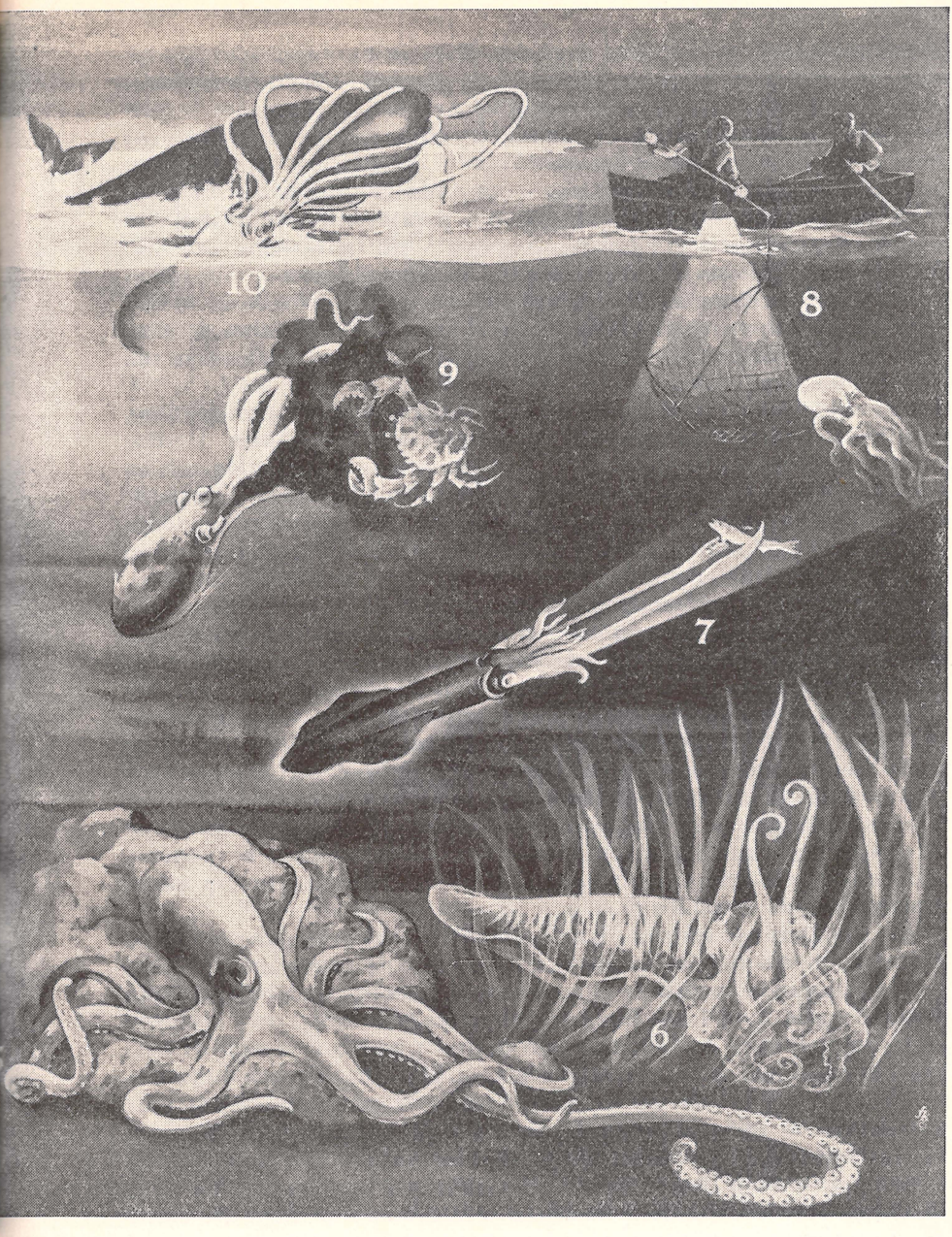


Fig. 118b — A VIDA DAS SIBAS, II.

trumento óptico da natureza orgânica. Para utilizar um aparelho visivo tão sutil, o seu possuidor deve ter um grau elevado de inteligência. Portanto, já o aspecto da siba nos prepara para os resultados surpreendentes que obteremos, observando-a. Os olhos de siba são os maiores da terra. Há olhos com lentes de 37 cm de diâmetro — isto é, do tamanho duma torta de aniversário — pesando às vêzes a quarta parte do pêso do corpo. — Transponha-se isto para a espécie humana! Em vez de se encaixarem em órbitas, como os olhos do homem, estão colocados em pedestais, como telescópios. Se adaptássemos à siba olhos humanos, seria como se êle espiasse pelo buraco da fechadura. A siba domina todo o espaço circunstante; se o homem tivesse olhos de siba, poderia simultâneamente enxergar a Lua, ler o jornal e procurar um alfinête caído ao chão.

Um mecanismo de natureza ainda obscura, regulado pelos olhos, inutilizado pela perda da visão, é o mimetismo. A epiderme da siba, como a de numerosos animais de pele nua, está semeada de células que encerram grãos de tinta. As células assemelham-se a amebas e, como elas, podem apartar-se ou agrupar-se. Nas sibas, não estão dispersas, e sim aglomeradas em "aparelhos cromáticos". Em tôrno duma grande célula clara, agrupam-se mais ou menos doze células coloridas, cercadas de fibras musculares que reduzem o órgão cromático ao tamanho dum ponto e, simultâneamente, podem franzir a pele. O aparelho cromático está subordinado ao sistema nervoso a que são antepostos os olhos. Graças a um dispositivo ainda não pesquisado, a imagem do mundo exterior, refletida na retina, projeta-se na epiderme. Na água azulada, a pele da siba torna-se azul; no verde, é verde; na areia amarelenta, o animal fica de côr de areia; é prêto, nas rochas negras. Se as pedras forem grandes, aparecem manchas graúdas; no saibro, as manchas são pequenas. Estando entre algas, o animal cobre-se de listras como um tigre; entre os corais, assume malhas de pantera. As sibas são mestres na camuflagem. E a vítima lhes cai, sem desconfiar, no enrêdo dos tentáculos (5 e 6).

As que flutuam com o plancto, são em geral transparentes como vidro; estendem tentáculos viscosos de metros de comprimento. Prendendo nêles animais cativos em número suficiente, passa os tentáculos pela bôca, tal qual faz o homem mal educado à mesa, com a faca, e sorve gostosamente a prêsa. Caçando de noite, as sibas trazem, ao lado dos olhos com os quais recebem a luz, outros olhos de que jorra claridade. Custa acreditar que os nossos faróis de automóvel sejam uma construção do reino animal. Há centenas de milhões de anos, já os submarinos-pólipos navegavam com olhos formados duma lente anterior e dum refletor de brilho metálico, irradiando uma luz fria, semelhante ao neon (7). Os inventores dêsse modêlo não calculavam que, um dia, existiria um animal capaz de engodá-los com o seu próprio ardil. Em todos os litorais, generalizou-se hoje, nos barcos de pesca, o uso de lanternas de furta-fogo. E, tal qual as maripôsas, acodem à luz os animais noturnos do mar, como o polvo voraz, que não larga a prêsa nem sequer

quando é retirado da água (8). Os mais belos órgãos luminosos são naturalmente os das sibas das profundidades marinhas, acêrca dos quais Chun — o chefe da famosa expedição Chun — escreveu: "Tudo quanto se nos deparou, em côres deslumbrantes, nos animais do fundo do mar, mal se compara ao colorido dêsses órgãos. Dir-se-ia que o corpo se enfeita com um diadema de pedras preciosas multicores. O órgão visual do centro apresenta um fulgor azul-ultramar; os laterais brilham como madrepérola. Dos órgãos do abdome, os anteriores irradiam um clarão vermelho rubi; os de trás, uma claridade dum branco de neve, ou irisada como a madrepérola; excetua-se a parte central, que assume um tom azul-claro. É um esplendor!" O animal recém-descoberto recebeu a denominação de "Thaumato-lampa-diadema". Que nome! Enquanto os piratas diurnos escapam aos perseguidores, expelindo duma bôlsa um carregamento de sépia, e envolvendo-se numa nuvem, como os deuses gregos (2), os noturnos inundam os inimigos com rajadas de matérias luminosas. As sibas são os maiores pirotécnicos da história natural.

Animais dotados de olhos gigantescos que, de dia, lhes refletem o mundo circunstante na pele e, de noite, brincam de "fogo grego", devem ser, além de inteligentes, muito sensíveis. As sibas figuram, com efeito, entre as criaturas de sensibilidade mais aguda. A cada respiração, uma onda de excitação corante percorre o corpo do molusco; e, tal como as sombras de nuvens na paisagem cheia de sol, as luzes cambiantes perpassam na superfície do corpo e perdem-se nas extremidades dos tentáculos, agitados por uma vibração nervosa. Êsses animais são as únicas criaturas a que se adaptam com propriedade as expressões "negro, azulado de fúria" e "radiante de alegria". Se mostrarmos comida ao polvo portador de órgãos luminosos, as suas filas de luzes lampejam como os sinais dum aeroporto, à chegada dum avião. E — ainda poderá causar-nos estranheza? — o polvo traz também, na parte posterior do corpo, lanternas vermelhas — o sinal: "Pare". As sibas são, com os símios, os únicos animais que fazem alguma coisa do que é própria e especìficamente humano; isto é: sabem usar instrumentos. A siba apanha uma pedra chata, aproxima-se traiçoeiramente dum marisco, enfia fulmìneamente a pedra entre as valvas e suga o animal, reduzido astuciosamente à impotência. Tem outro traço comum com os símios de ordem mais elevada: no cativeiro, entristece e muitas vêzes pratica o suicídio. Rejeita a alimentação, rói os tentáculos e acaba em marasmo. No aquário de Nápoles, colocou-se no tanque duma craca uma lagosta-gigante. Os dois inimigos figadais travaram luta encarniçada, a ponto de se tornar necessário remover para um tanque próximo, separado por uma parede de concreto, a lagosta que ameaçava sucumbir. Mas uma siba furiosa não se contenta com desenlace tão ridículo num duelo. Horas depois, com um salto espetaculoso, a craca pulou o muro e liquidou o adversário.

Um animal de tanta inteligência e sensibilidade, dotado de olhos que alem de enxergar iluminam, um animal capaz de mudar o padrão

do seu vestuário, que de dia espirra tinta e solta de noite fogos de artifício, que tem no corpo lanternas para fascinar e assustar, um animal provido de oito braços para estrangular o inimigo e abraçar o amigo, insaciável na voracidade, irreconciliável no ódio, é — nem seria de se esperar outra coisa — uma criatura grande também no amor. O cortejador inicia o torneio amoroso, expedindo sinais à fêmea; e, naturalmente, o vermelho exerce um papel predominante, como no amor humano, porque o seu comprimento de onda tem efeito erótico. Formado o par, *êle* não tem rivais na paciência e na delicadeza com que excita a companheira. O casal flutua horas a fio nas vagas, oito braços entrelaçados com outros oito, num novêlo de sentimento e agitação. Os tentáculos enroscam-se ininterruptamente uns nos outros; apagando mùtuamente as suas centenas de ventosas e poros; as bôcas agarram-se num beijo prolongado; e é a única vez em que se vê uma siba nadando com os tentáculos estendidos para a frente (11).

Igualmente complicado e prolongado como o namôro é o acasalamento que Aristóteles já descreveu como curioso. No cio, um dos tentáculos da siba transforma-se em membro e, mais exatamente, do feitio de colher. O extremo anterior arqueia-se em concha, a haste curva-se longitudinalmente em calha. No momento oportuno, a siba insere um cartucho cheio de sêmen na calha e esta mediante movimentos vermiculares, leva-o à concha que segrega uma substância aglutinante e com ela unge o cartucho. O macho introduz a colher cheia de sêmen na siba fêmea, e o cartucho fecundado gruda-se à valva genital. A irritação provoca na siba fêmea uma secreção que rompe o envoltório do cartucho.

O argonauta Argo, comparado à fêmea imponente, é pequeno. No cio, um dos seus tentáculos torna-se cinco vêzes maior em comprimento, carrega-se de vários cartuchos seminais. Depois de o introduzir na fêmea, o argonauta desprende-se e volta a flutuar (11). Na fêmea, o tentáculo se torce como serpente. Às vêzes escapa e flutua no mar, à guisa de "serpente marinha". Cuvier descreveu-o como um animal específico e deu-lhe o nome de "hectocotylo" (12).

O argonauta-fêmea, fecundado, reúne a cria na concha já citada, segregada por seus largos tentáculos-esteios. E, com êsse berço de alabastro, o molusco vai flutuando nas ondas azuis. Os gregos, como observadores da natureza, não eram piores do que nós. Temos a prova disto, nos pré-socráticos que desenvolveram de maneira tão surpreendente a teoria do átomo; nas descrições da natureza que nos deixou Homero; na teoria do conhecimento de Platão; na obra de Aristóteles, fundamental para a ciência européia e venerada, durante dois mil anos, como a Bíblia do conhecimento. Os gregos encaravam a natureza doutro ponto de vista. A nossa observação acaba em fórmula matemática; a dêles terminava em alegoria. Os gregos conheciam o argonauta-fêmea, que navega nas ondas com o seu berço de alabastro nos tentáculos maternos; viam nêle o "nascimento de Vênus". Em conseqüência, Vênus era a deusa "nascida de espuma", que emerge das vagas e as vai sul-

cando numa concha. Assim a pintou Botticelli, no seu quadro famoso: "Vênus arriba às praias da Umbria" — o primeiro grande "ato" (1) da Renascença italiana — situando-a errôneamente num marisco, em vez de a colocar na concha duma siba. E assim a concha se converteu em símbolo do regaço feminino (14).

À semelhança do homem excepcional, a siba mesmo depois de morta é interessante. À beira do mar encontram-se as "solas" — as lindas "solas" alvas e lavadas. São as chapas dorsais das sibas mortas; os restos da concha, desaparecida no curso da história da siba primitiva; restos comparáveis às bases de antigas construções romanas que encontramos no solo. Cientìficamente elas têm particular interêsse, porque nos demonstram como a concha calcária pode deslocar-se para o interior do corpo e transformar-se ali numa chapa cartilaginosa que logo sugere a idéia duma espinha dorsal. A espinha dorsal do animal vertebrado não tem històricamente nenhuma relação com êsse órgão da siba; mas a chapa cartilaginosa poderia evolver em espinha dorsal. Nesse ponto da história da siba, a natureza não estava longe da criação dum animal dotado de coluna vertebral e é lícito imaginar que a história poderia ter seguido o caminho verme-pólipo-siba e daqui para um "animal vertebrado" de espécie imaginária. O mundo é rico de possibilidades não realizadas.

Não há necessidade de viver no mar, para ver as "solas". Elas pendem nas gaiolas dos canários aos quais são dadas, como suplemento alimentício, talvez pelo seu conteúdo calcário. Contêm, é certo, outras substâncias: iôdo, por exemplo, que possuem como elemento-traço, motivo pelo qual o passarinho cativo, nutrido impròpriamente, bica com insistência as "solas" que lhes colocamos nas gaiolas.

Elas são, porém, o produto menos importante fornecido pela siba morta. Muito mais cotada é a sua gordura mumificada: o âmbar. Nem tôdas as baleias absorvem o plancto. Algumas têm dentes afiados e as sibas são o seu prato favorito (Fig. 118, 10). A siba é nutriente, mas de digestão difícil. Certos óleos e fosfitos não assimiláveis formam bolotas no intestino do cetáceo. De quando em quando êste as expele e elas vão boiando como espermacete. São substância caríssima, desde a Antiguidade, no mercado internacional, comprada a pêso de ouro como "âmbar" na Idade Média, servida à mesa do imperador da China, aos convidados ilustres, como iguaria rara. O âmbar, considerado afrodisíaco eficaz e administrado como remédio "infalível" à mulher estéril e ao homem fraco em amor, antes de se inventarem os hormônios hodiernos, era negociado duma a outra parte do globo e, naturalmente, muito falsificado. Atualmente, no mundo ocidental, só é empregado na indústria de perfumes; mas continua tendo grande cotação; com efeito, para conservar o aroma dum perfume, não há nada como adicionar-lhe âmbar. No mundo árabe, êle é ainda hoje reputado um talismã; e os muçulmanos o levam à Caaba, na sua famosa peregri-

(1) "Akt" em alemão — nu artístico.

nação anual a Meca, para o ofertar, como o mais precioso tesouro terrestre a Alá, na pedra sagrada que é um aerólito. Outrora, quando os navios a vapor não transportavam ainda óleo e carne de baleia, êste cetáceo era perseguido só pelo alto valor do âmbar. Os pescadores lhe revistavam o intestino e abandonavam o colosso morto às vagas. As baleias enormes, magníficas, morriam por terem devorado pequenas sibas.

Mundo maravilhoso o que gerou, no fundo do oceano, uma criatura tão fantástica como a siba, um ser que reflete na epiderme o mundo circunstante; que expele de dia nuvens de tinta e solta de noite fogos de artifício: que, amando, flutua dias inteiros nas ondas, entrelaçada com a companheira; em que os homens se encerram voluntàriamente em casas de cimento, como as abelhas na colmeia e, como presos entre paredes, saudosos da natureza e do sol, mandam vir pássaros cativos, de paragens risonhas, para os fecharem nas enxovias humanas denominadas salas, em cárceres ainda mais estreitos: as gaiolas, a fim de que as avezinhas os consolem, com o seu gorjeio, da privação da beleza do mundo. E, quando os pobres passarinhos dos trópicos, respirando a poeira do quarto e as exalações da grande cidade, em vez do aroma da floresta e do pólen das flores, bebendo em lugar de orvalho a água dos encanamentos, adoecem afinal, o homem dá-lhes, como remédio contra a nostalgia e a psicose da jaula, restos de conchas de sibas, mortas muito longe, no oceano. Entretanto, nos mares dos pólos, os baleeiros perseguem as baleias, para lhes varejarem o intestino, à cata do excremento que vendem como "precioso âmbar" aos fabricantes de perfumes. Anos depois, êle paira em tôrno de belas mulheres, entre sêdas e pérolas. Além, o peregrino devoto trilha a pé, em penitência, os desertos da Arábia; como a dádiva mais preciosa que pode ofertar ao "Senhor do Mundo", leva num saquitel de sêda um fragmento da graxa não digerida da siba e, prostrado com a fronte no pó, deposita-o na Pedra Negra da Caaba, que é um aerólito, caído do universo na areia do deserto. Que mundo maravilhoso, o mundo onde vivemos!

Capítulo XI

OS INSETOS

1) Terceiro acontecimento de importância histórico-universal: o verme organiza o seu corpo em segmentos

Graças à simetria bilateral e à abertura do intestino, originou-se o verme. A grande invenção seguinte foi a organização do corpo em artículos ou segmentos — têrmo impróprio, já que essas partes não são segmentos. A articulação é característica de todos os animais superiores: vermes, insetos, animais vertebrados (Fig. 119). É reconhecível nas minhocas, nas vespas, nos caranguejos, nas espinhas dos peixes, nas vértebras da galinha, nas "costeletas" das reses de matadouro. A articulação fêz do tubo do verme primitivo o "comboio" do verme articulado (Fig. 120, 1, 2). A cabeça é a locomotiva onde o maquinista fica alerta e dirige o trem; nos vagões anexos, arrasta-se a carga dos órgãos interiores (Figs. 118a e 118b).

Cada um dêsses vagões está em comunicação com o mundo exterior, mediante um órgão especial denominado órgão segmentário, porque se encontra em todo segmento. É um vórtice, como a vorticela da figura 90, e expele os resíduos do corpo (Fig. 119, 3). Os órgãos segmentários aparecem nos embriões dos animais superiores, como indício bem claro de que os antepassados dêsses animais os deviam ter. A história primitiva das grandes raças animais não está bem esclarecida. É possível — embora não seja absolutamente certo — que os dois grandes reinos: vermes e insetos dum lado, animais vertebrados do outro, derivem de antepassados articulados comuns. A teoria antiga, de tão longa predominância, segundo a qual os animais vertebrados derivariam dos vermes, foi abandonada. Até hoje, porém, não se descobriu uma nova teoria, tão plausível quão geralmente aceita; é prematuro ainda, aceitar as hipóteses, em verdade bem interessantes, mas nem sempre muito compreensíveis nem, até aqui, muito convincentes. Resta o fato singular de ser o corpo dos animais vertebrados dividido em segmentos, como o do verme articulado, e de se conservarem nêle vestígios de órgãos segmentários tão parecidos com os dos vermes, que é difícil não pensar numa origem comum. Dos órgãos segmentários do centro desenvolveram-se mediante diferentes acessórios ulteriores os rins que, no embrião, ainda apresentam sinais evidentes de antigos órgãos segmentários (Fig. 119, N). Encontram-se resíduos dos órgãos segmentários inferiores nos órgãos genitais, no homem como na mulher; nesta, um órgão segmentário se conservou em tamanho natural: o oviduto ou trompa de Falópio (Ov.). O oviduto feminino é, sem dúvida, o órgão mais antigo do corpo humano, mantido apto para as suas funções, na sua forma original.

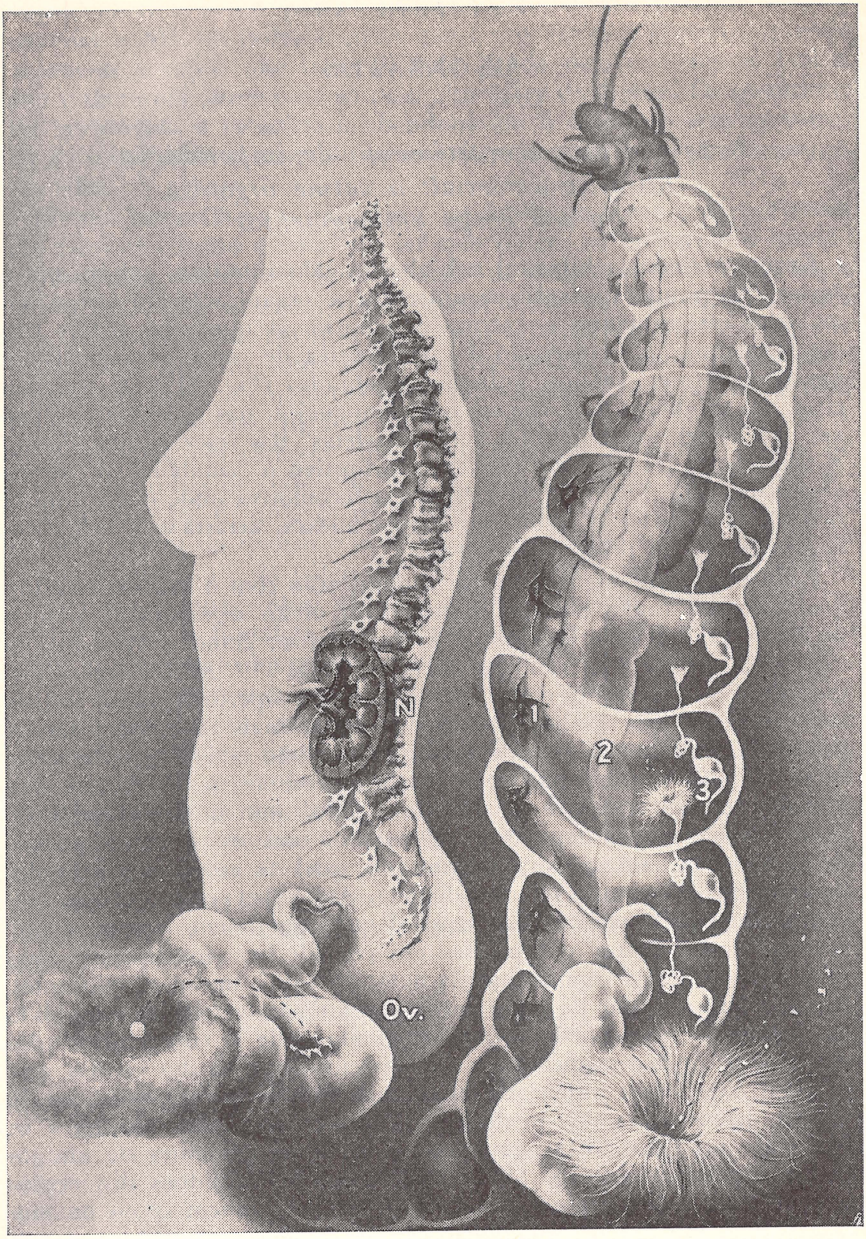


Fig. 119 — REMINISCÊNCIAS DOS PRIMÓRDIOS DA RAÇA HUMANA. São a "articulação" (segmentação) e os órgãos segmentários: rins (N) e aparelho genital, em que o oviduto (Ov) conservou, na forma mais pura, o caráter primitivo. 1) Sistema nervoso; 2) Canal digestivo; 3) Órgãos segmentários.

2) O verme estica patas e, com a divisão do seu corpo em três segmentos, converte-se em inseto

Os vermes são animais aquáticos, porque a sua epiderme delgada não lhes permite a permanência no enxuto (Fig. 120, 1). Com tempo sêco, nunca se avista um verme durante o dia; e, se algum aparece — casualmente alguma minhoca — é um candidato à morte. Certamente os vermes chegaram tarde à terra. De que maneira, não sabemos. Não por vontade própria talvez e sim, centenas de vêzes em cem lugares diferentes, trazidos pelas ondas, por enchentes e marés, através de baixios ou de mares que se converteram em solo firme e, como todos os sêres, lutaram por sobreviver (2). A primeira coisa que o verme adquiriu, após a pretensa "conquista da terra firme", foi uma pele impermeável. Os vermes moles tornaram-se animais sólidos, da espécie dos miriápodes. Com o endurecimento da epiderme, desapareceu a faculdade do movimento coleante. O verme teve de se arrastar e, nos pontos onde cada anel tocava a terra, desenvolveram-se protuberâncias: os brotos das futuras patas. As larvas das borboletas dão-nos uma idéia da aparência presumível dêsse pré-inseto; e, nos "rodadores" de peripatéticos, se conservou uma forma antiga dêsse período de transição (3). Mais tarde, as protuberâncias tornaram-se patas; e, como de cada segmento brotou um par de patas, o animal converteu-se em miriápode, em "mil pés" — o que é um exagêro, pois nenhum dêles teve mais de cento e setenta e três pares de patas (4). E aqui nos defrontamos com um dos paralelismos mais expressivos do reino animal: a pata, que evolveu da do miriápode, chegou a uma estrutura análoga à da pata que se originou mais tarde das barbatanas

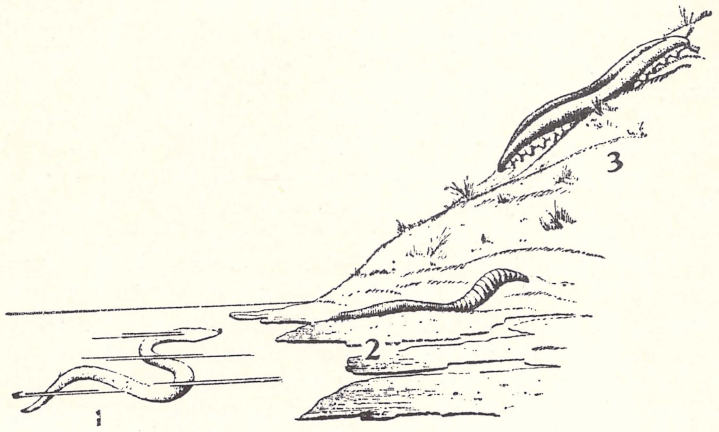


Fig. 120a — DE VERME A INSETO, I. O verme flutuante (1) arribou à terra (2). Ali, como primeiro prenúncio das patas futuras, desenvolveu protuberâncias rasteiras (3).

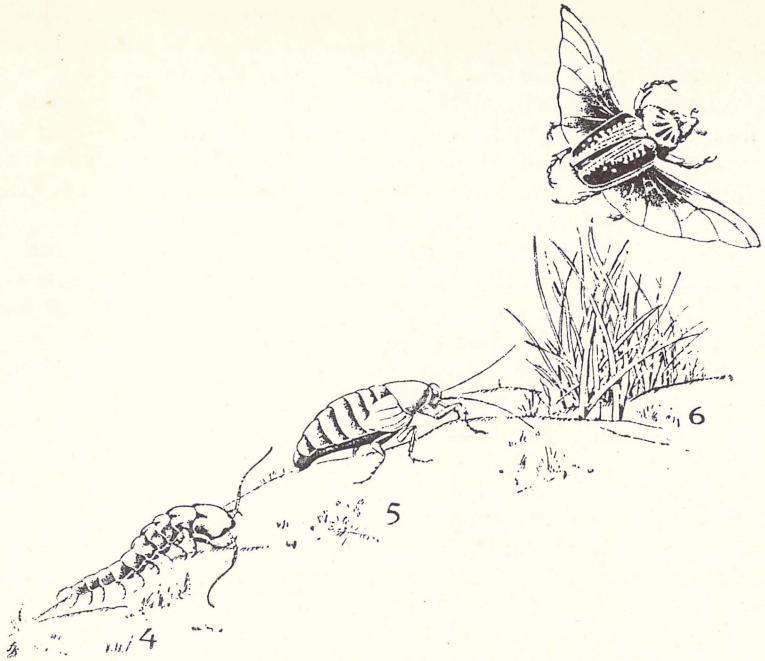


Fig. 120b — DE VERME A INSETO, II. O miriápode (4) evolve em animal de seis patas com três seções (5) e, mais tarde, aprende a voar (6).

dos peixes (Fig. 121). Essas duas patas nada têm de comum, nem històricamente nem do ponto de vista da construção. A pata do animal vertebrado tem um esqueleto interno ósseo; a pata do inseto é uma perna encouraçada, como a das antigas armaduras, ôca por dentro. Apesar disto, ambas se articularam do mesmo modo; os órgãos são a resposta com que o plasma reage às exigências da vida. Tendo de correr, a criatura desenvolve "pernas"; e estas, para poderem fazer a sua obrigação, articulam-se automàticamente em quadril, coxa, joelho, perna, calcanhar, pé e artelhos. Se um novo dilúvio, climático ou moral, destruísse a criação atual e desse origem a outra, os animais se formariam novamente de plasma; e, se tivessem de correr, tornariam a desenvolver patas do mesmo padrão. Nem seria de se estranhar se as criaturas doutros astros, Sírio ou Canopo, corressem com pernas.

Como era de se esperar, o miriápode não utilizava tôdas as patas para correr. Erguendo as dianteiras e com elas tateando, fê-las tornarem-se, em conseqüência, palpos ou antenas. Das patas vizinhas das antenas, o animal se valia para agarrar e esmigalhar a prêsa, o que as tornou órgãos bucais. Graças a esta evolução, a parte anterior do verme, segmento sem pernas, formou a "cabeça"; na parte posterior do corpo as patas se reduziram e, mirrando as do têrço posterior,

originou-se o "ventre" sem patas. A parte central entre a cabeça e o corpo, a que tem patas, chamou-se "tórax". Essa tripartição é característica dos animais com couraça. Já o notou Aristóteles, com sagacidade genial; e, como êsses animais apresentam seções divididas por entalhes, êle os denominou animais secionados, "entomata". Daí a palavra entomologia, estudo dos insetos. Na Idade Média, quando o latim suplantou o grego como língua erudita, a denominação vulgarizou-se na tradução latina: inseto.

As aranhas e os crustáceos não apresentam entalhes; logo, não são insetos. Podemos diferençar fàcilmente os três grupos de animais de patas articuladas, aplicando esta fórmula: os insetos têm três pares de patas; as aranhas, quatro; os crustáceos, cinco (Fig. 122).

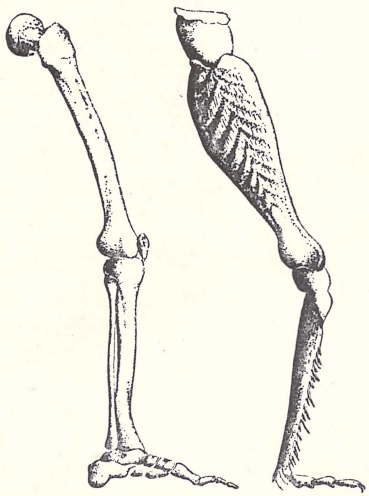


Fig. 121 — PERNA HUMANA E PATA DE INSETO. A pata do inseto e a perna do homem desenvolveram-se independentemente; mas, tendo de desempenhar as mesmas funções, resultaram estruturas idênticas.

3) Um milhão de espécimes de insetos diferentes

"Deus devia gostar dos insetos" — assim principia um autor o seu capítulo sôbre os insetos — "do contrário, não os criaria tão numerosos". Até a esta data, estão fichados cêrca dum milhão e meio de animais — um número que aumenta de ano a ano e, no mínimo, se triplicará. No recenseamento de 1950, os insetos elevaram-se a mais dum milhão. De três dos animais que entraram na Arca de Noé, dois eram insetos.

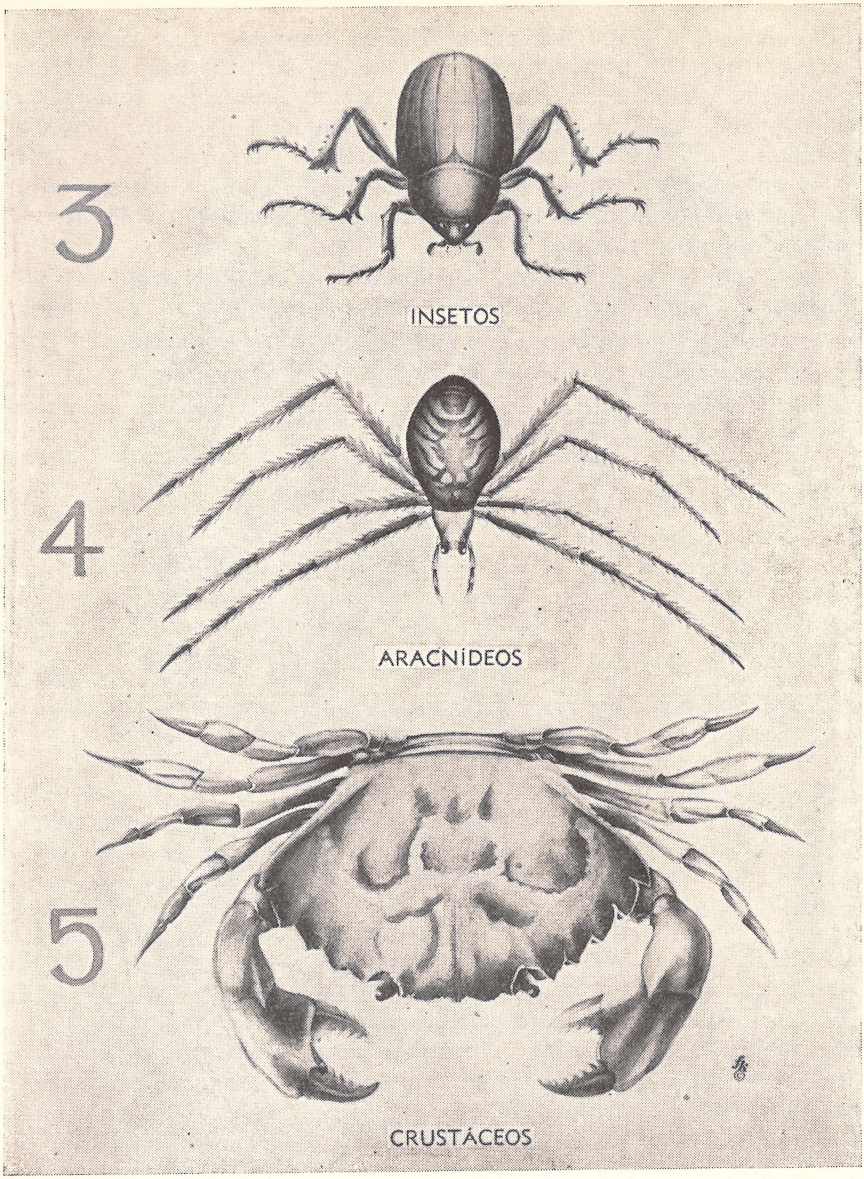


Fig. 122 — OS INSETOS TÊM TRÊS PARES DE PATAS; AS ARANHAS, QUATRO PARES; OS CRUSTÁCEOS, CINCO PARES.

Sendo o homem criado à imagem de Deus, à semelhança de Deus também deveria prezar os insetos. Mas as nossas relações com êles iniciam-se quase sempre em bases pouco amistosas, porque nós descendemos dos seus inimigos jurados: os devoradores de insetos. Eis a "babá" arrepiada de nojo, porque uma "aranha nojenta" lhe corre pela manga; e como ela pisoteia a vítima do seu ataque histérico! Depois os garotos nos ensinam a arrancar as asas às môscas; mostram-nos que os marimbondos sobrevivem, mesmo cortando-lhes a cabeça com a tesoura. Mais tarde, sentando-nos ao lado do pescador, assistimos a como o homem corta em dois uma minhoca para enfiar uma das metades no anzól; e verificamos que, reduzido à metade, o verme continua a viver. Partindo para o veraneio, aceitamos de presente uma rêde de caçar borboletas, espetamos os insetos em alfinêtes e organizamos uma coleção de asas irisadas, como se elas fôssem selos postais e não criaturas de Deus. A infância moderna cria-se entre cartazes do D. D. T. que, em imagens coloridas, recomendam o extermínio em massa de "insetos nocivos", como ideal do homem civilizado.

Quem se elevou acima dêsse degrau primitivo e, em vez de correr a munir-se do apanha-môsca, mal um belo besouro lhe entra no quarto e revoluteia, zumbindo como um motor, entre as janelas e as cortinas, utilizar êsse momento fugaz para considerar que pêso relativamente enorme suportam essas asas frágeis, que figuram entre os propulsores de rotação mais velozes da natureza; quem não sentir arrepios, se uma aranha lhe passar no braço, mas deitar prudentemente o bichinho ao chão, verá que êle, mestre universal da arte do trapézio, não cai ao solo; executa acrobacias, nos fios da sua teia. E quem, ao encontrar no caminho uma grande lagarta verde, em vez de a esmagar como "daninha" se alegrar dêsse raro encontro e a levar para casa, a fim de lhe acompanhar num vidro a maravilha da transformação em crisálida, quem se houver elevado à altura da norma de vida de Goethe, a ponto de poder dizer:

Certa vez, depois de matar uma aranha,
Perguntei a mim mesmo se tinha êsse direito.
Deus quis dar à aranha, como a mim,
Um quinhão na terra;

quem travar, portanto, uma relação normal com os insetos do seu ambiente, saiba que se vai assemelhando a Deus: aprendeu a amar os insetos.

Em mim, a transição de inimigo para amigo dos insetos começou com um fato, aos meus dez anos de idade. Passeávamos em companhia duma senhora idosa, à hora do ocaso, à beira duma estrada extensa, num bosque. Corríamos entre as árvores, quando a senhora gritou: "Venham cá!" No meio do caminho banhado pelo sol poente, ela com os seus cabelos brancos bem repartidos, levantara a mão enluvada de filó à altura dos olhos e dizia: "Vejam: que beleza!" Um mosquito

sugava-lhe gostosamente o dorso da mão. Os raios do sol, trespassando-lhe o corpo transparente, deixavam ver o sangue rubro que o ia enchendo e inchando, e que flamejava à luz, como se o inseto chupasse ouro líquido. Eu estava por assim dizer fascinado. Uma pessoa que se deixava picar por um mosquito, sem o esmagar imediatamente e, além de tolerar com paciência que, sob os seus olhos o inseto lhe chupasse o sangue, ainda o admirava achando até bonito que êsse sangue vermelho vivo fulgurasse no mosquito à luz do ocaso, era novidade para mim. Nesse minuto, virou-se uma página, no livro da minha vida.

A figura 128 tenta sintetizar numa figura a essência do mundo dos insetos. Êstes presenteiam os seus antepassados, as trilobites, com uma parada, para lhes mostrar o que é feito da raça fundada por elas. Na primeira fila, marcham os insetos arcaicos, as térmites; na segunda, os grilos, igualmente antigos na história; na terceira, os escaravelhos; na quarta, enfim, todos os artistas alados — que sociedade! Que desorganização inextricável! Eis exatamente o que essa ilustração visa a pôr diante dos olhos, em contraste deliberado com a sistematização dos compêndios e as vitrinas dos colecionadores: não há sistematização. O mundo dos insetos é a concretização da desorganização grandiosa, característica da natureza, o desprêzo objetivado de todo o pedantismo do colecionador e selecionador. Nos insetos, o plasma que vimos flutuar e nadar nas águas como caracol e marisco, estrêla-do-mar e siba, mostra-nos que também é criador na terra firme e em condições totalmente diversas. Uma energia criadora deveras exuberante, um gôsto indomável da forma e das suas variações, uma fantasia que descamba para o excesso, uma soberania surpreendente na solução de todo problema técnico, a paixão pela travessura e pela experiência celebram aí uma autêntica orgia cujo resultado é o mundo dos insetos. Veja-se êsse besouro hércules (13) que traz a fêmea entre as mandíbulas, que já não são mandíbulas nem armas e sim um absurdo feito perna, comparável aos sapatos com guisos usados pelos fidalgos de Paris, para mostrar ao povo que um nobre usa calçado que não se presta para andar, enquanto o plebeu ordinário tem de calçar sapatos para correr. E êsse mantídeo ou louva-a-deus espalhafatoso (17), comportando-se realmente como um fanático possuído de mania religiosa, que percorresse de braços erguidos os corredores do sanatório. Adiante dêle pavoneia-se, à maneira de galo empertigado, outro besouro, *Lomechusa strumosa* (16) exibindo a cauda soberba; na sua frente, um pombinho (15) com uma espécie de coroa ducal. E môscas e libélulas, abrindo as asas até parecerem de vidro; depois, os seus descendentes que perderam essas asas e um dos quais se enterra tão fundo na areia, que a cabeça, espreitando a formiga, fica tão longe do corpo como a da girafa (8). Mais atrás a pulga, descendente de certa môsca aérea, e que a couraça tornou pesada como um escafandrista, disfarçada como um conjurado dos dramas régios de Shakespeare (9). Quem poderá procurar ordem nessa noite de Valpurgis dos bichos de seis patas, ou sentido nessa exuberância de corpos e de

fantasia! Quem ousará, mediante conceitos utilitários de "luta pela existência" ou de "seleção", explicar o que não se explica, fundamentar o que não tem fundamento, neste domínio onde formas e côres executam as suas danças frenéticas, onde a sensualidade toca as raias do êxtase e tôda essa alegria de viver, êsse mistério da vida se tornam criatura — o inseto! Maripôsa, belo animal alado (4), dez vêzes mais belo, mais vaporoso e mais claro ao natural do que nesta estampa, nascida duma gorda lagarta (2), como se a natureza quisesse mostrar quanto pode em contradições, eis-te voando no sonho duma noite de verão da tua existência, adejando numa escuridão em que ninguém vê a tua beleza, numa noite que nenhum dos teus aprecia como o teu inimigo, o morcêgo. Chegando-se furtivo, como a sombra da morte, zombando de ti, da tua preciosa plumagem, das tuas roupagens régias, da tua tenra virgindade, êle te engole como um vulgar bocado. Pobre vítima da natureza cujo prazer é criar o belo, sem indagar se é para o agraciado bênção ou maldição; que se compraz em pintar, artista sonâmbula e sonhadora, uma fantasia de maripôsas prateadas, de áureos besouros, de vaga-lumes, na escuridão da noite, e depois apaga-os todos, como se todos não passassem da miragem duma realidade remota, profunda, meditando ao longe, além do horizonte da vida, invisível aos homens e aos animais que são, indiferentemente e sem distinção, criaturas e vítimas dessa mesma natureza.

4) A história da primeira idade do inseto: a metamorfose

Não há criatura que demonstre tão dràsticamente como o inseto a biogênese, a repetição da história da espécie na vida do indivíduo. No percurso do ôvo à forma definitiva, o inseto muda de tal maneira, que o seu desenvolvimento se denominou metamorfose, transformação. A borboleta vive quatro vidas: nasce como ôvo, cresce como lagarta, dorme como crisálida e casa-se como borboleta (Fig. 123).

Os ovos dos insetos são pequenos, porque procedem de corpos miúdos. Estão sòlidamente acondicionados, porque vão, como o pólen, afrontar perigos de tôda sorte: a sêca e a umidade, o frio e o calor; e, sendo magro bocado, não atraem os inimigos. As suas formas também lembram imediatamente ao observador o pólen dos vegetais, do qual são o equivalente animal (Fig. 124).

Dêsses ovos minúsculos evolvem, com uma voracidade enorme, grandes lagartas e outras larvas, por uma razão em que mal se pensa, mas fàcilmente compreensível: o inseto é um animal encouraçado; pouco ou nada pode crescer. O seu crescimento opera-se, pois, como larva; e a larva tornou-se o símbolo da voracidade. As lagartas devastaram países inteiros e empobreceram povos a tal ponto, que êles desapareceram do cenário da história. Uma australiana, viajando na América do Sul, viu a figueira do inferno aproveitada como cêrca. "Muito prático!", pensou a senhora, que vivia numa região pobre de madeira.

Fig. 123 — METAMORFOSE. Os quatro estádios da vida do inseto: 1) o ôvo, a forma do nascimento, pequeno e sólido; 2) a larva, a fase do crescimento, graúda e voraz; 3) a crisálida, a fase da transformação tranqüila e retirada; 4) o inseto acabado, em todo o seu esplendor.

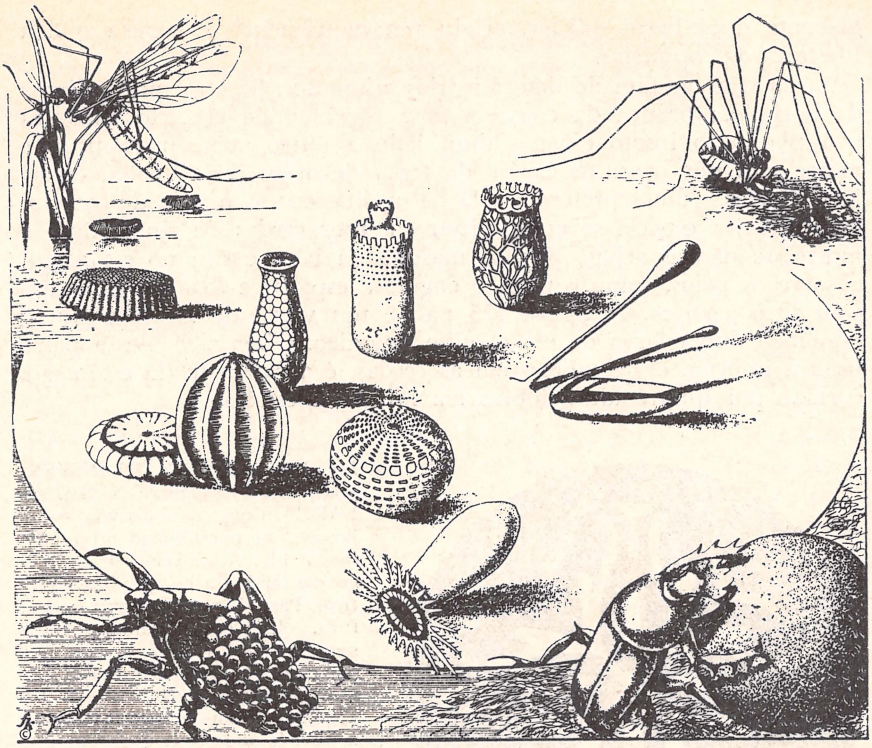


Fig. 124 — OS OVOS DOS INSETOS. Como em geral os insetos soltam os ovos ao ar livre, êstes vêm acondicionados em frascos e caixas resistentes às intempéries. À direita, no alto, desova duma aranha de pernas compridas.

Levou para a sua terra algumas mudas; a rapidez com que a cêrca espinhosa lhe rodeou o jardim entusiasmou-a. Os vizinhos, naturalmente, obtiveram mudas por seu turno. Um dia, uma dessas cactáceas brotou na parede da casa onde ninguém a plantara. No verão seguinte, as opúncias invadiam os campos semeados. Isso já agradou menos. Dez anos depois, a figueira do inferno era uma praga nacional e, em 1925, mais de cem mil quilômetros quadrados do território australiano estavam inçados dela. Charruas mecânicas iniciaram o ataque; companhias de soldados as queimaram com lança-chamas; aeroplanos as pulverizaram com arsênico — nada adiantou. As cactáceas são hidras: de cada cabeça cortada nascem outras duas. À vista disso, o govêrno enviou cientistas a outros países, e êles descobriram, na Argentina, um inseto detestado pelos cultivadores de cactáceas, porque êsse inseto põe os ovos nos cactos e a larva os rói de dentro para fora: o "Cactoblastis cactorum". O inseto foi introduzido na Austrália. Ao têrmo de sete anos, Queensland estava livre; e a cidade de Boonarga, carecendo fe-

lizmente dum herói militar, erigiu um monumento à lagarta que a libertara das opúncias.

As lagartas gostam de determinados alimentos. Se levarmos a fêmea da borboleta branca da couve a uma região onde ela não encontra essa planta, o inseto esvoaça dum lado a outro até cair exausto, e morre sem pôr ovos. As larvas da traça devoram ou só peles, ou só lãs. Destas, umas preferem a lã de ovelha, outras o pêlo de camelo; uma terceira espécie se especializou em roer cerdas de rinoceronte e morre, se não as achar. Não as mastiga na bôca e sim no estômago; absorve os pêlos, como o mágico engole a espada; e dissolve as cerdas com suco gástrico. A figura 125 não é um vitral de igreja e sim o estômago duma larva de escaravelho aquático. Observe-se que a parte branca interna, onde sobressaem as cerdas, é a cavidade do estômago, cortado por quatro altas dobras em forma de estrêla.

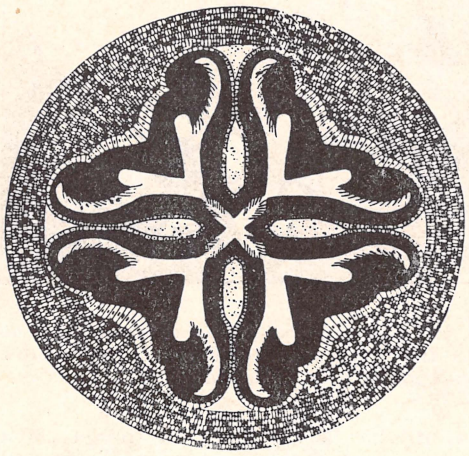


Fig. 125 — CORTE TRANSVERSAL DO ESTÔMAGO DUMA LARVA. Como animais vorazes, as larvas têm o estômago muito desenvolvido. Aqui vemos o estômago da larva do escaravelho aquático. Para lhe entender a estrutura, observemos primeiro só a seção interior, branca, porque esta representa a cavidade interna ôca. O desenho das orlas da figura corresponde à musculatura que move a parede digestiva. O prêto é a mucosa que sobressai na cavidade interna, com dezesseis vilosidades, oito inferiores, quatro em forma de pirâmide e quatro superiores, convergindo tôdas para o centro. (Duma antiga obra científica).

Não é freqüente encontrar no reino animal esforços tão surpreendentes, tamanha astúcia e brutalidade em ação, como nas mães-insetos, quando se trata de pôr os ovos e de assegurar à cria o alimento conveniente, para o desenvolvimento ulterior. O notório mau costume da môsca de deitar ovos na carne, no queijo, nas feridas ou nos cadáveres é apenas o tipo original inofensivo. Podemos dar-nos por satisfeitos com que as môscas esperem que estejamos mortos. Outros animais não têm tanta consideração. Sucede encontrar flutuando na água meia salamandra; é que as larvas de môsca devoraram, a outra metade. Também acontece topar na floresta com cabeças de formiga ambulantes. Vão montadas nas larvas que lhes devoraram o corpo e arrastam as cabeças decepadas e ôcas, como troféus, à moda dos caçadores de cabeças de Formosa. Certos môscardos das estepes russas põem os ovos nos olhos dos cocheiros, tanto que outrora a doença ocular provocada pelas larvas era epidêmica entre os quirguises. As vespas atacam até

a maior das aranhas, a tarântula, para lhe deitarem os ovos no corpo; imobilizam a aranha, picando-lhe um gânglio central, e, como por ironia, arrastam a vítima vinte vêzes maior à sua toca para injetarem os ovos no animal vivo. As larvas carcomem a aranha lentamente, de maneira que ela morra o mais tarde possível. Quem lhes ensina a anatomia da tarântula, não sabemos. O fato é, porém, que as larvas a conhecem.

Quando a lagarta atinge a corpulência necessária para produzir um inseto adulto, as suas glândulas salivares segregam uma saliva filamentosa com que elas tecem o casulo; ou brota-lhe da pele um suor que se solidifica; e a lagarta se acomoda, como Brunhilde na couraça, e adormece. Mas apenas exteriormente. Por dentro, segundo estranhas regras hereditárias e sob a influência de hormônios, as células deslocam-se à maneira de pedras do gamão, e a organização interna da lagarta transforma-se na do inseto. O estômago restringe-se, o intestino encurta-se, as mandíbulas rijas, que até aí trituravam fôlhas, amolecem-se e formam uma longa tromba, que irá sugar néctar na corola das flôres. Dos cotos em que se arrastava a lagarta emergem, como suportes dum cavalete de máquina fotográfica, as patas compridas da borboleta. Que diferença: uma lagarta deita-se no caixão; alça-se dêle uma borboleta. É em verdade o que poderia sonhar um crente: sepulta-se um cadáver; uma alma eleva-se no azul do céu.

Uma coisa falta naturalmente ao animal que abandona a crisálida: as asas abertas. Mas ali estão elas, no dorso, como velas colhidas faltando apenas desdobrá-las, o que se dá, mal as veias as atravessam e, mais tarde, se tornam visíveis como retícula, enchendo-se de sangue. As escamas desdobradas secam ao ar e endurecem. As asas estendidas tornam-se coriáceas. O inseto está enfim pronto para encetar o vôo, para a vida (Fig. 126).

Há, no inseto completo, um órgão que não aparece: é o corpo gorduroso, acumulado pela lagarta como material de construção para a transformação dos órgãos internos, e não utilizado inteiramente. Os restos servem ao inseto de farnel ou viático para a existência, e de combustível para os vôos. Numerosos insetos de vida breve não comem absolutamente. Os poucos dias que duram são dedicados ao amor e à postura dos ovos. Muitos, como as efêmeras, vivem horas apenas. Elas sobem no ar, dançam à luz da lua, acasalam-se e mergulham na água, para deitar os ovos. E para morrer — "morrer, quando amam..."

5) Os dez característicos do inseto

Os insetos caracterizam-se por dez sinais distintivos, alguns dos quais são comuns a outros animais (gravura 127).

1) Metamorfose, a transformação na primeira idade;
2) Dois entalhes que lhes separam o corpo em três partes: cabeça, tórax e abdome;

Fig. 126 — DESENVOLVIMENTO DAS ASAS DOS INSETOS. O inseto rasteja para fora da crisálida, com as asas enroladas. Estas desdobram-se, graças ao sangue das veias, ou ao ar das traquéias.

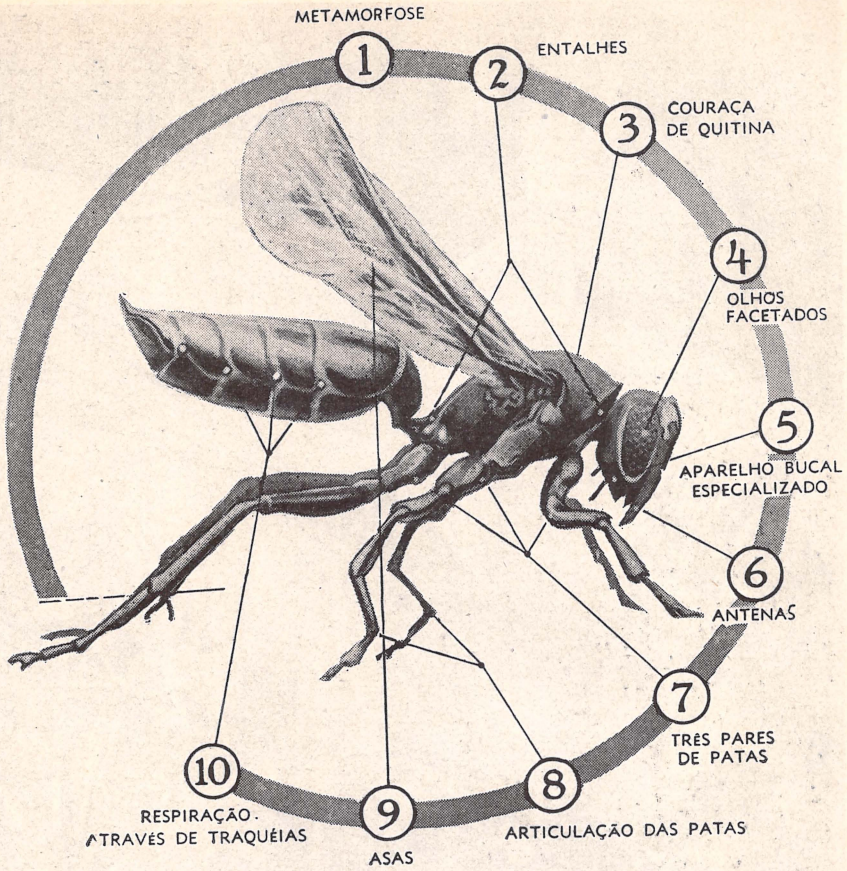


Fig. 127 — OS DEZ CARACTERÍSTICOS DOS INSETOS.

3) Uma couraça externa como esqueleto;
4) Olhos facetados compostos de facêtas;
5) Transformação dum par de patas em mandíbulas;
6) Transformação dum par de patas em antenas;
7) Três pares de patas na parte correspondente ao tórax;
8) Patas formadas de três partes articuladas;
9) Asas que se desenvolvem de dobras da epiderme no dorso;
10) Respiração, mediante um sistema de traquéias que se comunicam com o ar exterior, por meio de orifícios na parede do abdome.

Já esta ligeira supervisão dá uma idéia da verdadeira singularidade do que os insetos oferecem ao observador da natureza. O reino dos insetos é um mundo à parte, desligado do de todos os outros animais.

Fig. 128a — PARADA DOS INSETOS, I. Os insetos desfilam diante do seu antepassado, um crustáceo primitivo (1). (2 a 4) lagartas e borboletas; (5 a 7) tôda espécie de artistas alados e os seus descendentes ápteros, ou sem asas.

Fig. 128b — PARADA DOS INSETOS, II. (10 a 13) besouros; (14 a 17) gafanhotos e grilos; (18 a 21) tipo do reino das térmites.

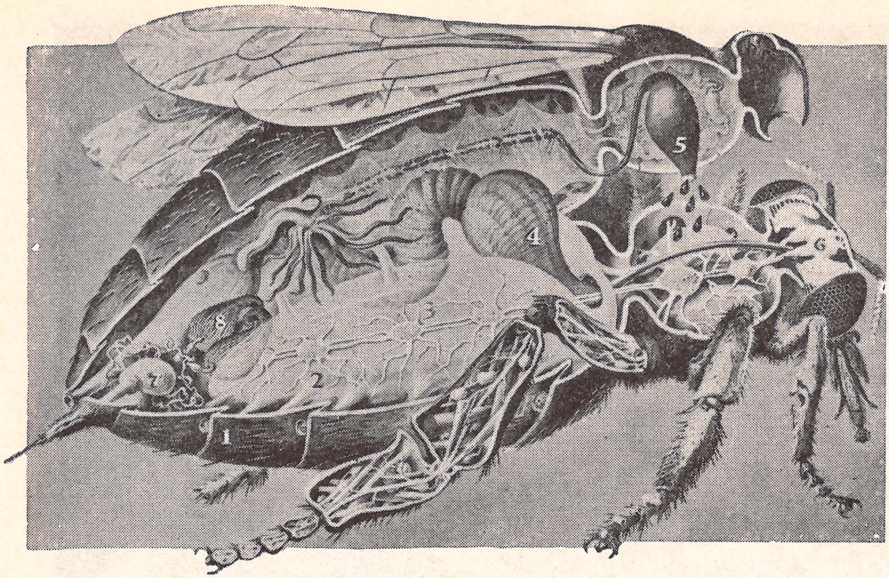


Fig. 129 — A ESTRUTURA DA ABELHA. 1) Couraça com orifícios respiratórios; 2) A maior das bôlsas de ar; 3) Sistema nervoso; 4) O estômago; 5) O tubo do coração pendente da tampa; 6) O cérebro com os três olhos frontais e os dois grandes olhos reticulados; 7) Aparelho do ferrão; 8) Aparelho genital.

É como se abandonássemos a terra e nos víssemos num planêta desconhecido, perante um mundo de criaturas que nada tivessem de comum com as que nos habituamos a conhecer cá embaixo, como unicelulares, vegetais, vermes, moluscos e animais vertebrados.

6) O inseto completo: um animal, com uma couraça, fazendo às vêzes de esqueleto

Façamos de conta que um cavaleiro dissesse: "Para que hei de me dar ao incômodo de arrastar um esqueleto, se tenho em cima de mim uma couraça?" E que, assim dizendo, arrancasse do corpo o esqueleto e pendurasse os órgãos na parede interior da armadura. Assim é a estrutura do inseto; a sua organização explica-se com o fato de que êle utiliza a couraça como esqueleto. E por isto se diferença essencialmente de todos os outros sêres superiores que têm a denominação de "vertebrados".

Em contraste com o seu antepassado, o verme, o inseto é uma criatura complicada. Veja-se a figura 129, que apresenta o corpo duma abelha, aberto como uma caixinha de rapé. Siga-se primeiramente a linha branca do corte, em tôrno da seção da figura em caixa e tampa. Repare-se na tripartição típica dos insetos: cabeça, tórax e abdome, e note-se que as três patas partem da seção do tórax. A terceira pata está cortada,

vêem-se os músculos esboçados, os nervos brancos e, nas lacunas, algumas das numerosas bôlsas de ar, mediante as quais o inseto se alivia para o vôo. As duas maiores estão situadas no abdome. Vemos à direita, uma espécie de grande fole branco, em forma de pão, ao longo dos números de 1 a 4. Diante do 4, aparece a ligação anterior com a bôlsa esquerda, escondida em segundo plano. No espaço do tórax também há um par de "foles" e, em cima, à esquerda, em tôrno do número 5, distingue-se uma coroa completa debaixo do fôrro da casa encouraçada. Os foles não se limitam a aligeirar o corpo; também o abastecem de oxigênio; em conseqüência, durante o vôo, o animal não precisa respirar. Os insetos não respiram pela bôca nem por um nariz, que não possuem. A respiração pela bôca é invenção dos peixes; restringe-se a êles e aos vertebrados terrestres descendentes dêles. Os insetos respiram com o abdome, como podemos observar em qualquer abelha e marimbondo, ou na vaca-loura de maio que, antes de voar "conta", isto é, armazena ar, com cêrca de doze inspirações. As traquéias começam com orifícios nas escamas da couraça do tronco (1); ramificam-se em linhas cada vez mais finas, sôbre todos os órgãos — uma solução técnica ideal do problema da respiração, muito mais elegante do que a respiração pulmonar-circulatória, inçada de pontos vulneráveis, dos animais vertebrados.

Como os órgãos são abastecidos diretamente de ar, o sangue só é utilizado para a distribuição das substâncias nutritivas e, conseqüentemente, o sistema vascular se reduz a um simples tubo suspenso no alto, cuja extremidade anterior se dilata em coração (5). Êsse coração-globo rudimentar lança o sangue diretamente à cavidade do corpo, de maneira que os órgãos nadam em sangue, como frutos em compota na sua calda. O sangue não contém glóbulos nem ferro, visto que não transporta oxigênio; é um líquido verde-azulado, colorido por vestígios de cobre, de bário e de estrôncio. O corpo do inseto é, indubitàvelmente, mais bem construído do que o do animal vertebrado; um modêlo de "homem", de construção baseada nesse princípio, nos seria certamente superior, como uma espécie de "super-homem".

Quem houver penetrado até a êste ponto nessa organização, reconhecerá sem dificuldade os três sistemas restantes. *Debaixo* dos foles está o sistema nervoso como "cordão abdominal" (3); *sôbre* êles, corre o tubo intestinal. O sistema nervoso tem a posição mais baixa, dentro do abdome, eleva-se do fundo no tórax; e, na cabeça, pende do alto, como cérebro (6). O canal digestivo, que principia na frente com a tromba, dilata-se no meio do corpo em estômago (4); e o intestino adjacente arrebita-se num tufo de bôlsas a que se dá o nome de fígado (sôbre o 2). Na seção posterior da cavidade abdominal, estão as glândulas genitais (8); e, quase na extremidade do corpo, a glândula do veneno que enche de líquido de injeção, o aguilhão de estrutura complicada e sumamente engenhosa. Eis o esquema rudimentar dum inseto, adaptado à capacidade de compreensão da vista humana e às

proporções duma página de livro. Para representar mais ou menos a estrutura da abelha, em vez duma figura precisaríamos imprimir um álbum com noventa e seis estampas in-folio.

7) A pata do inseto: móvel e mutável

O princípio de Lamarck, segundo o qual o uso fortalece o órgão, o desuso o atrofia e uma forma particular de uso origina uma forma especial de órgão, não basta para explicar as grandes diretrizes da evolução; não esclarece como os insetos criaram asas e os peixes, as barbatanas; entretanto, não é absolutamente falso. Pode ser demonstrado a cada passo no reino animal; e a pata do inseto nos fornece um dos exemplos modelares. Segundo o *habitat* em que o inseto se move e as funções que êle exige das patas, estas se modificam e obedecem, por assim dizer ilimitadamente, confirmando a tese de que o plasma pode assumir tôdas as formas, tanto que, se o animal precisar de orelhas nas patas, elas lhe nascerão.

Na figura 130, vemos uma seleção de patas de insetos; na circunferência, o animal a que pertence a pata; no círculo, a pata ampliada.

O círculo *3* mostra o conhecido cestinho, ou calcinha, da pata da abelha. Para o transporte do pólen, o inseto criou na perna uma espécie de gamela; e, para que o pó não escape, êsse recipiente é forrado de cerdas, formando um cestinho trançado.

O gafanhoto (5) é um saltador em distância. A fim de evitar que a queda do corpo pesado lhe quebre as patas frágeis, estas assumiram nas extremidades a forma de luvas de boxe, cheias de ar, comparáveis aos pneus sôbre os quais o avião assenta na aterragem.

A môsca passeia, dorme até no fôrro da casa, sem cair. Pode fazê-lo porque tem nas patas almofadas pneumáticas, ligadas aos canais respiratórios (1). O inseto extrai daí o ar; as almofadas aderem como ventosas. Garras, cerdas, pêlos sensoriais completam a estrutura que vemos, à esquerda, em repouso, e, à direita, no ato de sugar.

Tôda pata utilizada na água como remo transforma-se em barbatana. As barbatanas são remos de plasma. É indiferente a classe a que pertença o animal que passou à água. O pingüim, uma ave; a foca, um mamífero; o ictiossáurio, um reptil; o escaravelho aquático, um inseto; o peixe, todos desenvolveram as mesmas barbatanas. As mais bem construídas são naturalmente as do inseto, artífice e mágico plasmático sem-par. O escaravelho aquático desenvolve ventosas nas patas, para segurar, no acasalamento, a fêmea resvaladiça (7).

Outros insetos não mergulham; limitam-se a deslizar sôbre a superfície das águas, como patinadores. Trazem nas extremidades das patas leques de fêlpas enceradas (6). A semelhança entre êsses leques e as asas das aves é evidente. As asas da maripôsa, na parada dos insetos, já nos provaram que o plasma se presta para criar, com o material da quitina, em si friável, plumas de avestruz (Fig. 128, 4).

Fig. 130. — SETE MODELOS DE PATAS DE INSETOS.
(Explicação no texto).

Não incorramos no êrro de crer que o animal precise de nariz para cheirar. Os insetos não têm nariz, porque não respiram pela cabeça. Células que registrem como aroma o toque de certas moléculas podem desenvolver-se em qualquer parte do corpo. Os insetos cheiram com as patas. O primeiro par de patas não é aproveitado para andar; estendidas no ar, elas se transformam em palpos, ou antenas. As maripôsas puseram um segundo par de pernas a serviço do olfato: da articulação do joelho, estendida no vôo, nascem pêlos sensoriais e, com êles, os insetos cheiram (2). Isso não nos surpreende mais do que saber que os grilos ouvem com os joelhos, que são os pontos mais altos do corpo, quando o animal se agacha nas ervas (4). Também não podemos estranhar que êsse órgão auditivo conste, segundo o tipo do ouvido dos animais vertebrados, de teclado e cordas vibratórias. A natureza das ondas sonoras — sejam elas emitidas ou recebidas, pertença o plasma a um inseto ou a um animal vertebrado — requer lâminas vibratórias e cordas tensas. Por isso encontramos sempre as mesmas construções: instrumento de cordas, teclados, microfones, em todos os reinos da natureza: nos invertebrados, nos vertebrados e na técnica humana.

8) O primeiro par de patas transformado: as antenas

A palavra antena não deriva da radiotécnica e sim da entomologia. As antenas são os tentáculos bifurcados, originários do par de patas dianteiras que o escaravelho aquático, as maripôsas, o mosquito trazem na cabeça. Os machos à procura das fêmeas têm antenas maiores; quando vemos esvoaçar um mosquito de alto topête não precisamos resguardar-nos da ferroada. O macho não pica, porque o mosquito não suga de fome, e sim para dar aos ovos substância nutritiva. A figura 131 mostra-nos a antena duma borboleta noturna. Se, à vista da figura, alguém suspirar: "Que complicação!", digam-lhe que aí está a antena simplificada, sumamente simplificada. Se quiséssemos desenhar essas antenas em tôda a sua riqueza, a figura teria cem metros de comprimento; porque a antena tem, na realidade, duzentos cilindros sensoriais e não trinta, como na ilustração; não apresenta vinte e cinco e sim vinte e cinco mil orifícios sensoriais, quando não seja o dôbro. No alto, voa uma fêmea (1). Na articulação das asas, isto é, nas "axilas", a borboleta traz uma borla de pó, que funciona pneumàticamente: mediante a comunicação com os canais respiratórios, o inseto injeta um pouco de ar; a borla entumece e expele, na escuridão, uma salva de aroma (2). Vejam-se as antenas do macho que segue a borboleta e observemos a seção posterior da cabeça. A esfera cortada, na orla inferior da figura, é o ôlho direito; os dois globos pretos, à altura do número 4, são os olhos frontais. Abaixo do 4, vemos uma cavidade sensorial cujos nervos vão dar ao número 5, o cérebro. Debaixo do número 3, aparece um órgão do olfato cujas pontas se erguem no ar, vasculhando-o bem, para apanhar as moléculas aromáticas. Para o ho-

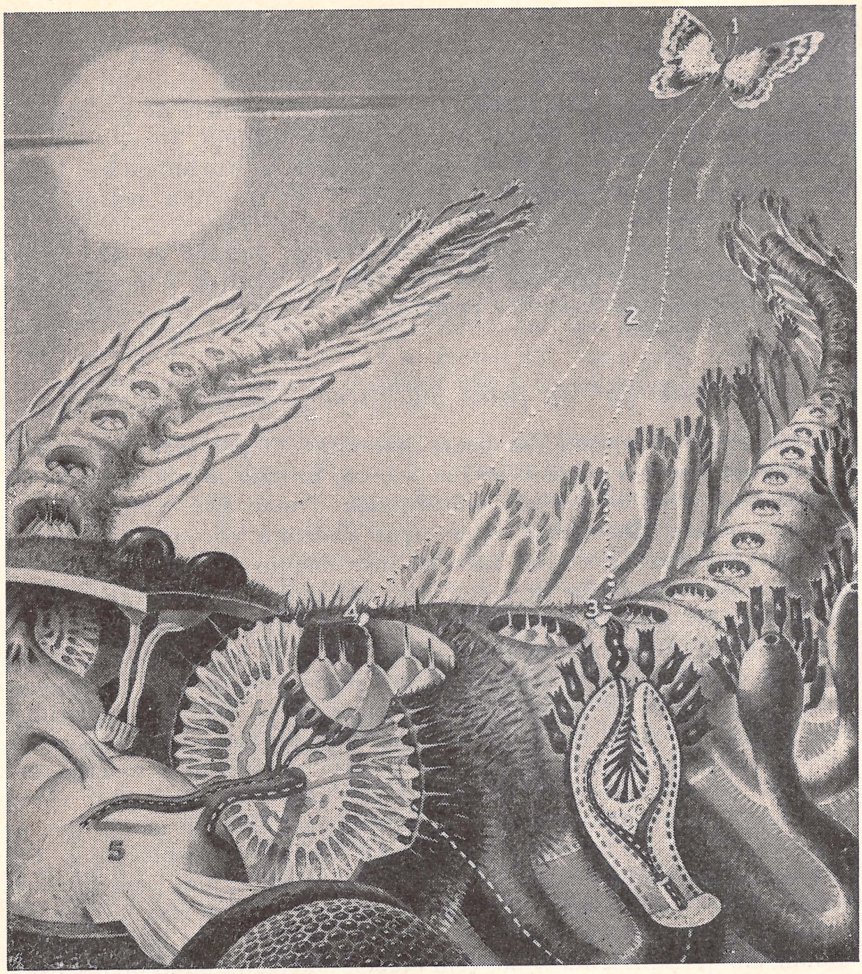


Fig. 131 — AS ANTENAS DO MACHO DE BORBOLETA NOTURNA. A fêmea (1) infla uma bôlsa de pó. As moléculas aromáticas (2) incidem nas chapas das antenas (3) e nas cavidades sensoriais (4). No cérebro (5) as sensações transformam-se em movimentos.

mem a matéria aromática mais ativa é o cacodilo, ou "substância malcheirosa". Para que nós, os humanos, o possamos sentir, um centímetro cúbico de ar deveria conter vinte milhões de moléculas dessa substância; para o inseto farejar a fêmea bastam uma ou duas moléculas no mesmo volume de ar. Forel retirou dum criadouro uma fêmea madura para o acasalamento, levou-a de carro a oito quilômetros de distância, através dum descampado, e pendurou-a à janela, numa gaiola de gaze. Ao têrmo de poucas horas, meia dúzia de machos, agarrados à gaze,

procuravam entrar. Fabre utilizou como chamariz a fêmea doutra borboleta e, em cinco dias, apanhou cento e cinqüenta machos. Se pusermos à janela um naco de carne, dentro de minutos acudirão môscas. A crisomela e a varejeira podem vir até duma distância de quinhentos metros, senão de mais. Se, em manhã sêca de outono, almoçarmos no jardim, mal abrirmos o pote do mel aparecem os marimbondos. Onde fica o ninho mais próximo dêsses insetos? A uns trezentos metros, além dos campos cultivados. Em todos êstes casos, só poucas moléculas de substância aromática podem ter ferido o órgão olfativo da antena. Só no nosso século e graças aos instrumentos electrônicos, o homem conseguiu arrebatar aos insetos a primazia em registrar à distância.

9) Outro par de patas modificado: as mandíbulas

As antenas derivaram das patas dianteiras. O par seguinte, com o encargo de pegar a prêsa e levá-la à bôca, formou as mandíbulas. Os órgãos bucais dos insetos são o instrumental mais rico, para quebrar, cortar, triturar, dissolver e sugar, que podemos encontrar no reino animal. É lícito dizer que não há instrumento de odontologia, de cirurgia, de arrombador de cofres que não tenha o seu paralelo entre os insetos. Os serviços que prestam — já que são utilizados por sêres muito inteligentes, dotados de grande resistência e coragem — tocam as raias do fabuloso. É notório que as vespas abrem latas de conservas. Mas conta-se até o caso das vespas que, num depósito de artilharia, roeram granadas de aço, e só desistiram do absurdo propósito de alojar a cria na dinamite, depois de desgastar o envoltório externo dos projetis, a ponto de inutilizá-los. As térmites trabalham com serras circulares, carcomem a madeira de dentro para fora, de modo que as vigas se partem e o telhado cai na cabeça do homem desprevenido. Cevam-se com a farinha de pau. Não a poderiam digerir; mas, para êste fim, têm, alojados no intestino, escravos que lhes convertem essa farinha em açúcar — outro processo de que se assenhoreou a química hodierna. Um álbum, em que apresentássemos cem modelos de mandíbulas de insetos e, paralelamente, as construções correspondentes da técnica humana, daria um livro interessante e difundiria muito respeito pela natureza e pelos insetos, suas criaturas. Basta observar casualmente três dos insetos mais conhecidos: a môsca, o mosquito e a abelha, para que a pesquisa e as surprêsas não tenham fim. A pesquisa, porque até hoje sabemos só uma fração do que ainda resta pesquisar — por exemplo: sôbre a natureza do veneno da abelha; as surprêsas, porque nos defrontamos com um animal frágil como o mosquito, capaz de perfurar um couro consistente como a epiderme humana e procurar muito abaixo uma veia diminuta para a sangrar (Fig. 133). É façanha comparável à do homem de quem exigíssemos que, do meio da rua, atravessasse com uma cânula da grossura duma agulha de coser as paredes duma casa, para extrair água do encanamento da cozinha. O mosquito traz o seu

precioso instrumento num estôjo, que se abre quando é preciso (veja-se, na figura 128, a tromba da abelha). A cânula não é rija como a dos médicos; é, aliás, uma cânula dupla cujas duas agulhas se projetam alternadamente no canal do ferrão e que, sendo flexíveis, contornam os obstáculos. Durante a ferroada, são lubrificadas com saliva. É com a saliva que o mosquito, ao picar o homem, lhe transmite o germe da malária. Chegando à veia, o inseto cessa de segregar saliva, mas ainda não começa a chupar; injeta primeiro, na cânula, um fermento que impede a coagulação do sangue. A partir daí, com o auxílio duma espécie de balão suga o sangue. Que primor de construção e de processo de trabalho! O mosquito, ao picar, tem de executar tantas manobras como o chofer, ao pôr o automóvel em movimento. Quando êle nos importunar, zunindo, e se pousar na nossa pele, consideremos o tamanho dêsse bichinho: a cabeça não é maior do que um ponto, e só um décimo dessa cabeça é cérebro.

Fundamentalmente diversa da picada do mosquito (Fig. 133) é a da abelha ou da vespa (Fig. 132). O mosquito morde com a bôca; a vespa, com o oviduto. O aguilhão da vespa é um canal de desova transformado. O ferrão do mosquito é um ferrão nutritivo; o da vespa, uma arma de defesa. Ambos foram feitos no interêsse da descendência. O mosquito suga sangue para a cria; a vespa pica a planta, a fim de que esta lhe forneça um berço para os filhos: irrita-a, com o seu veneno, até formar uma excrescência: a "galha", e simultâneamente põe os ovos que têm de amadurecer nessa saliência. As môscas tropicais injetam os ovos debaixo do couro das reses ou dos cavalos, e a ferida proveniente da picada é o berço das larvas. Portanto, em quase todos os casos, o motivo da ferroada é o amor materno.

A nossa amiga-inimiga, a môsca doméstica, alegria dos fãs da natureza, calamidade para o homem civilizado, não pode morder nem picar. É dotada dum órgão bucal digno de nota, por ser um aparelho que faz muita falta aos sêres humanos; prestaria um grande serviço à humanidade o construtor competente que o imitasse. É uma espécie de "espanador" de cabo ôco e tem, na ponta, franjas que são na realidade aspiradores. A môsca assenta-o em qualquer migalha, segrega das suas glândulas uma substância dissolvente, amolece a migalha e suga o mingau amolecido (Fig. 134). As nossas vassouras são uma verdadeira praga mundial; é de se perguntar se a humanidade não estaria melhor, se as vassouras fôssem proibidas e os homens, obrigados a remover o seu lixo por meios menos enérgicos. Se calcularmos as inúmeras vassouras com que, de manhã, nos despejam na cabeça, sacudindo tapêtes às janelas, o cisco deixado nas casas durante o dia, se observarmos como o dono do armazém, ou os seus empregados, zelosos do asseio do estabelecimento, devolvem à rua o pó trazido pela freguesia, empurrando-o com uma vassourada para a porta, ou para os domínios do querido vizinho, se considerarmos as nuvens de poeira que o varredor das ruas levanta do chão donde o pó, deitado enfim, torna a redemoinhar artificiosamente nos órgãos respiratórios dos transeun-

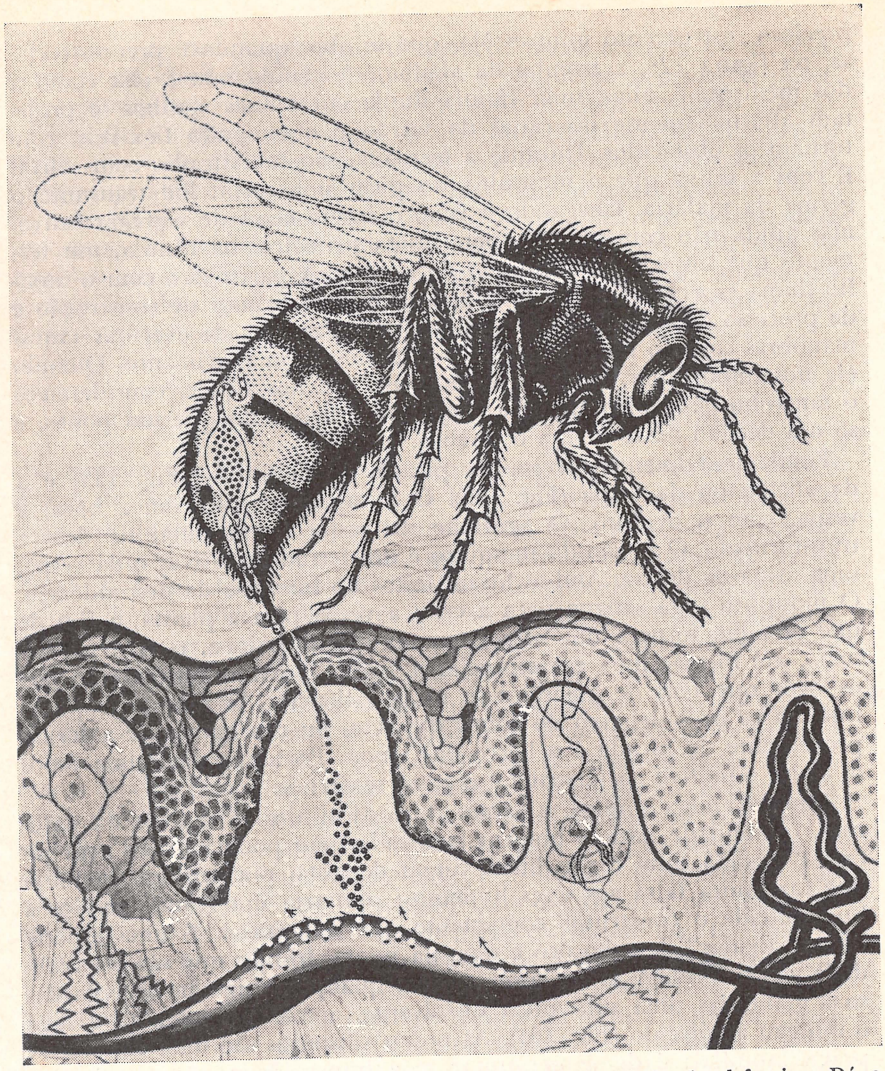


Fig. 132 — O FERRÃO DEFENSIVO. A vespa utiliza um ferrão defensivo. Dá a ferroada com a parte posterior do corpo, e injeta com ela uma secreção venenosa. Para diluir o veneno, as veias segregam água; por isso incha o ponto picado pelo inseto.

Fig. 133 — O FERRÃO NUTRITIVO. O mosquito utiliza um ferrão nutritivo. Dá a picada com a bôca e suga o sangue com que enche o estômago.

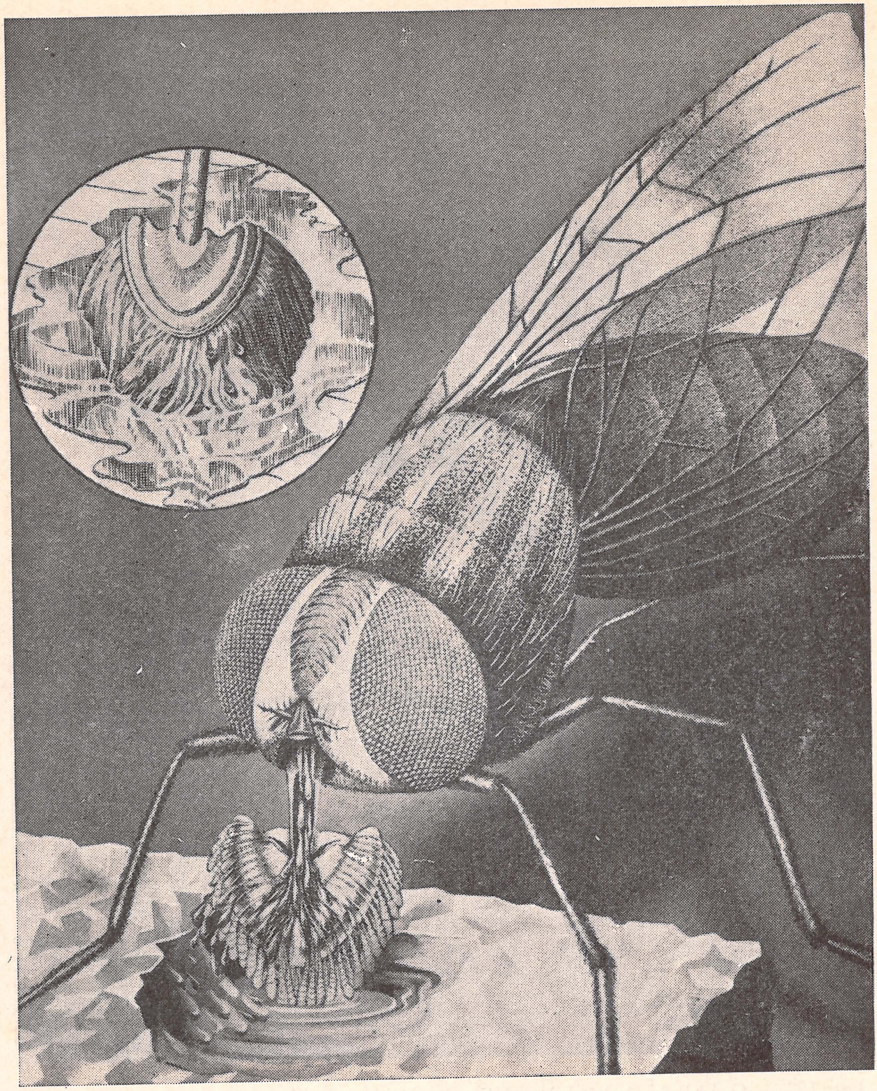


Fig. 134 — COMO DEVORA A MÔSCA. A môsca não come, porque só pode beber. É dotada duma espécie de espanador de cabo ôco, através do qual verte saliva nas franjas e suga as substâncias dissolvidas.

tes, e se compararmos tudo isto ao magro produto que as vassouras oferecem às lixeiras, mil vêzes na vida teremos a tentação de repetir o brado do feiticeiro de Goethe: "Para o canto, vassouras! Vassouras para o canto!" Imagine-se, pois, quão necessário seria o aspirador com que trabalha a môsca doméstica, e façamos votos por que um benfeitor da humanidade o imite, num futuro próximo. O aspirador elétrico, limitado infelizmente a uso doméstico, representa a primeira etapa no caminho entre a vassoura do homem e o aspirador da môsca.

As borboletas desenvolveram até aos limites do possível o princípio da tromba da môsca. Apresentam trombas engenhosamente enroladas, que podem atingir trinta centímetros de comprimento, para sugarem o néctar em corolas fundas, sem pousar nelas (Veja-se a figura 46). O homem, dotado dum órgão bucal análogo, proporcional à sua estatura, poderia da janela do seu quarto, no quinto andar, tomar uma limonada no café da calçada fronteira.

10) As asas: surgem os primeiros aviadores da história terrestre

Cinco vêzes se inventou o vôo na história (Veja-se a figura 199). Os primeiros aviadores foram presumìvelmente os insetos. A asa do inseto propõe à ciência um problema difícil. Nem a lei da adaptação de Lamarck nem a seleção de Darwin, tampouco a mutação de De Vries, podem explicar como os insetos adquiriram asas; com efeito, estas não são órgãos modificados que já existissem, como as barbatanas dos peixes, ou as patas dianteiras nos morcegos e nas aves. Não apresenta o inseto nenhum órgão que, aperfeiçoado ou transformado, pudesse converter-se em asas; nem temos conhecimento de nenhuma origem, de nenhum tipo com asas "ainda incompletas". As asas apareceram tais quais, de improviso; e justamente nas épocas primitivas se desenvolveram as mais belas. Nas florestas do carbonífero, voavam libélulas com asas de setenta e cinco centímetros de envergadura.

Encontram-se tipos de tôda espécie, desde as asas incômodas das borboletas (Fig. 137) e da crisopa — que lembra o planador do infeliz Otto Lilienthal (Fig. 135) — até ao minúsculo propulsor do abelhão, que excede em número de "giros" todos os propulsores da técnica. A nossa môsca doméstica bate as asas duzentas e vinte vêzes num segundo! Outros insetos são helicópteros e podem, como todos sabem, pairar à vontade no mesmo lugar (Fig. 136). O pesado escaravelho do estêrco percorre num segundo sete metros, isto é, duzentas vêzes o comprimento do seu corpo. Para navegar, os insetos servem-se dum "giroscópio"; consiste êle em dois globos que se balançam um debaixo de cada asa, na extremidade duma haste elástica, cêrca de duzentas vêzes por segundo, assegurando o equilíbrio do corpo. Os insetos são voadores a cuja arte aparentemente não se marcaram limites. A efêmera vaporosa, depois do torneio de amor, mergulha na água a fim de pôr

Fig. 135 — VÔO PLANADO NO MUNDO DOS HOMENS E DOS INSETOS. Tanto na história do vôo dos insetos como da navegação aérea humana, aparece o modêlo imperfeito do planador.

os ovos na vegetação. Da mesma água emerge o escaravelho aquático, à maneira de avião anfíbio, e voa na escuridão à cata de piratarias e aventuras amorosas. A abelha, carregada de pólen, é o tipo do avião cargueiro; a libélula é a corporificação da aeronave de combate: asas duplas colossais sustentam um corpo-avião, leve e esbelto, que serve de leme. A cabeça é uma carlinga cujos óculos salientes e giratórios proporcionam ao aviador um panorama do mundo circunstante que não se oferece ao homem aviador. Um aparelho que permita ao pilôto ver o mundo, tão completamente como o vêem as libélulas, ainda está por ser inventado. Abaixo dos olhos, corre o corte da bôca, verdadeira porta do inferno que abocanha fulmìneamente e, com as suas mandíbulas afiadas, é uma guilhotina armada no ar. A estrutura do corpo é a expressão do caráter. Nessa aeronave de combate, feita de plasma, mora uma alma sedenta de sangue como um tigre, ávida de vítimas como um açor. A libélula é tão voraz, que não perde tempo, como a

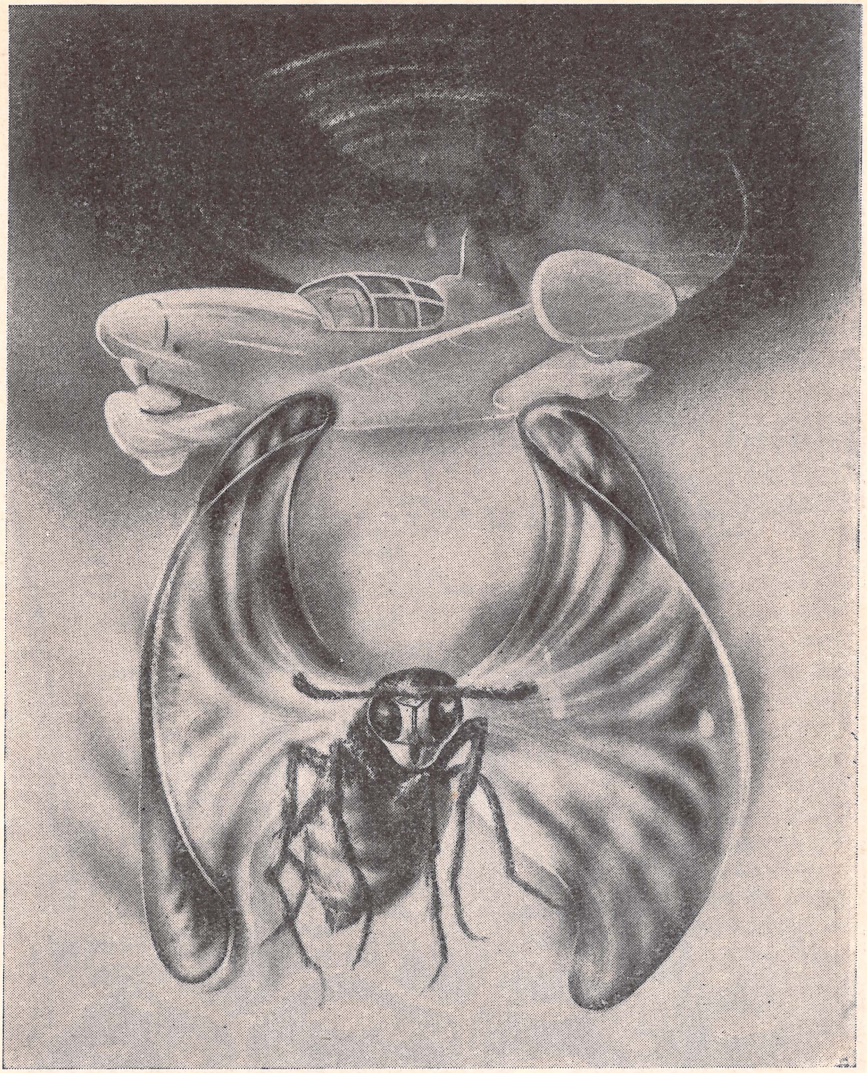


Fig. 136 — O PRIMEIRO HELICÓPTERO. Muitos insetos voam, segundo o princípio do helicóptero; podem, portanto, pairar imóveis no mesmo lugar.

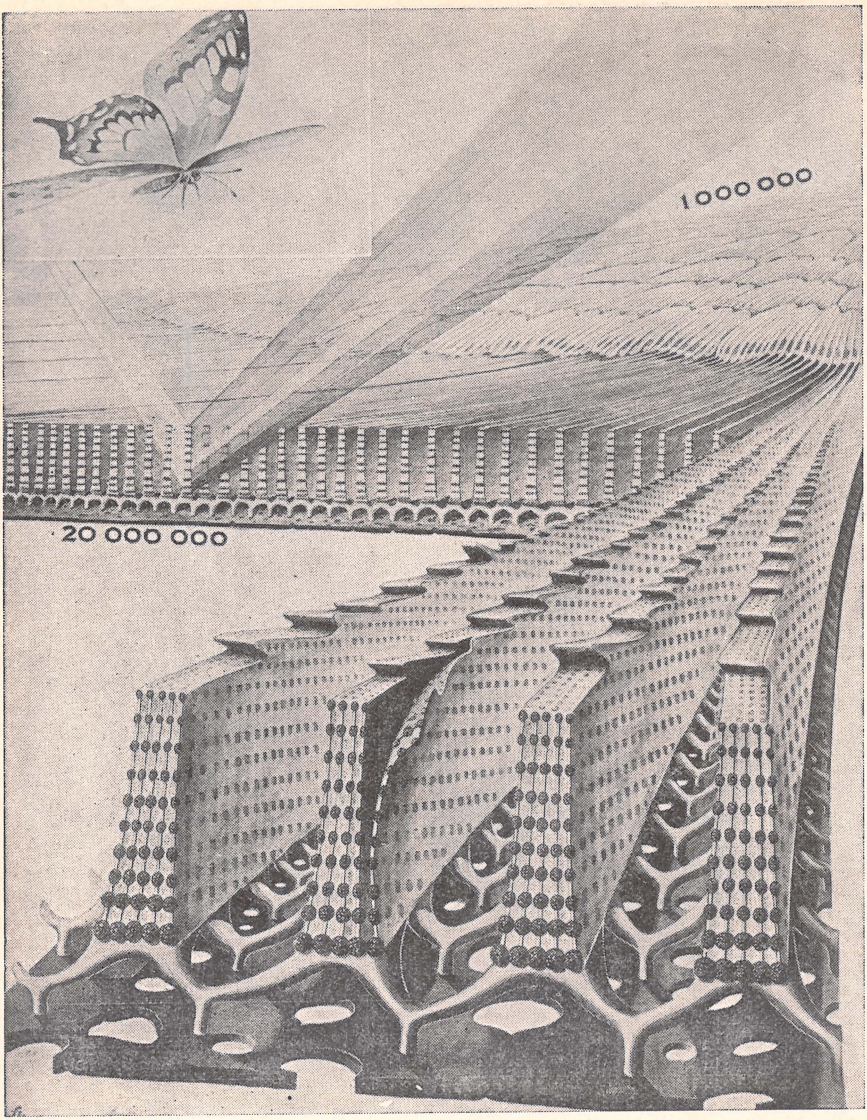


Fig. 137 — A ASA DA BORBOLETA é revestida de cêrca de um milhão de escamas (no alto). Cada escama descansa em vinte pilares (no centro). Cada pilar é uma retícula que refrata as ondas luminosas em ângulos diferentes (em baixo).

águia, em voltar ao ninho com o cativo; abocanha-o já durante o vôo. E, se outra criatura se lhe atravessar no caminho, o inseto abandona o cadáver meio devorado e atira-se à caça da nova prêsa. A libélula é indubitàvelmente o tipo mais belo e tècnicamente mais completo do reino animal. É um dos espécimes que devemos designar como "bem acabados". Coincidência melancólica, mas bem da índole da natureza, em tôda classe animal os tipos mais perfeitos, os que mereceriam a denominação de "reis", são também os assassinos mais consumados: entre os peixes, o tubarão; entre as aves, a águia; entre os mamíferos, o leão; e, entre os insetos, a libélula. Na história da civilização da humanidade, a história da desanimalização do homem, foi a mesma coisa até ao nossos século. Alçavam-se, como "heróis", aos monumentos os homens a cujos pés jaziam mais cadáveres. Que ponto culminante na história humana e que glória para o nosso tempo haver-nos emancipado dêsse ideal de herói e repudiarmos com horror o que até há pouco venerávamos!

11) O ôlho do inseto: vinte mil facêtas

O uso não origina órgãos, mas pode melhorá-los; o desuso atrofia-os. Os insetos têm olhos tanto melhores, quanto mais os usam; e, não os usando, perdem as vistas que herdaram dos antepassados. Como vivem debaixo da terra, as formigas pouco enxergam; nos insetos de vôo rápido, à luz do dia, como a môsca ou a libélula, os olhos gigantescos tomam a maior parte da cabeça (Fig. 134). Observando bem, nota-se que os insetos apresentam ao lado de olhos graúdos outros menores; mais exatamente, na maioria dos casos, três olhos: um central e dois dispostos simètricamente. Se abrirmos a gaveta duma cômoda pouco usada, é comum fugir de lá um "peixinho prateado", o lepisma, um inseto tão antigo, que se parece com os antepassados dos insetos, os crustáceos primitivos. Traz de cada lado da cabeça doze olhos pequenos; sempre situados ou na linha central ou um defronte do outro, em posições simétricas, êsses olhos funcionam como indicadores automáticos de direção. As traças costumam expor-se à claridade de maneira que os dois olhos frontais recebam a mesma quantidade de luz. A môsca doméstica, a abelha, a vespa, enxergam com os olhos frontais, à distância de um metro; o gafanhoto e a libélula têm um raio visual de dois metros; as borboletas, presumìvelmente, de dez metros (Veja-se a figura 48).

Diferem completamente dos olhos menores, os maiores que denominamos facetados, porque se compõem de olhos separados e, em conjunto, lembram as facêtas dum diamante lapidado regularmente, ou a lapidação característica duma taça de cristal Baccarat. O número de facêtas pode elevar-se a trinta mil. Cada ôlho de abelha apresenta cêrca de quatro mil. Cada facêta é a lente dum ôlho isolado em forma de lápis metido num envoltório de pigmento prêto, para que a luz

não o perturbe lateralmente. Sob a lente, há um cristal oblongo e, debaixo dêste, estão oito células visuais que, à semelhança das fatias duma torta cortada em oito nacos, formam uma "roda". De cada célula visual parte um nervo ao cérebro, de maneira que a abelha estuda o seu ambiente com oito mil facêtas e sessenta e quatro mil células e canalizações visuais.

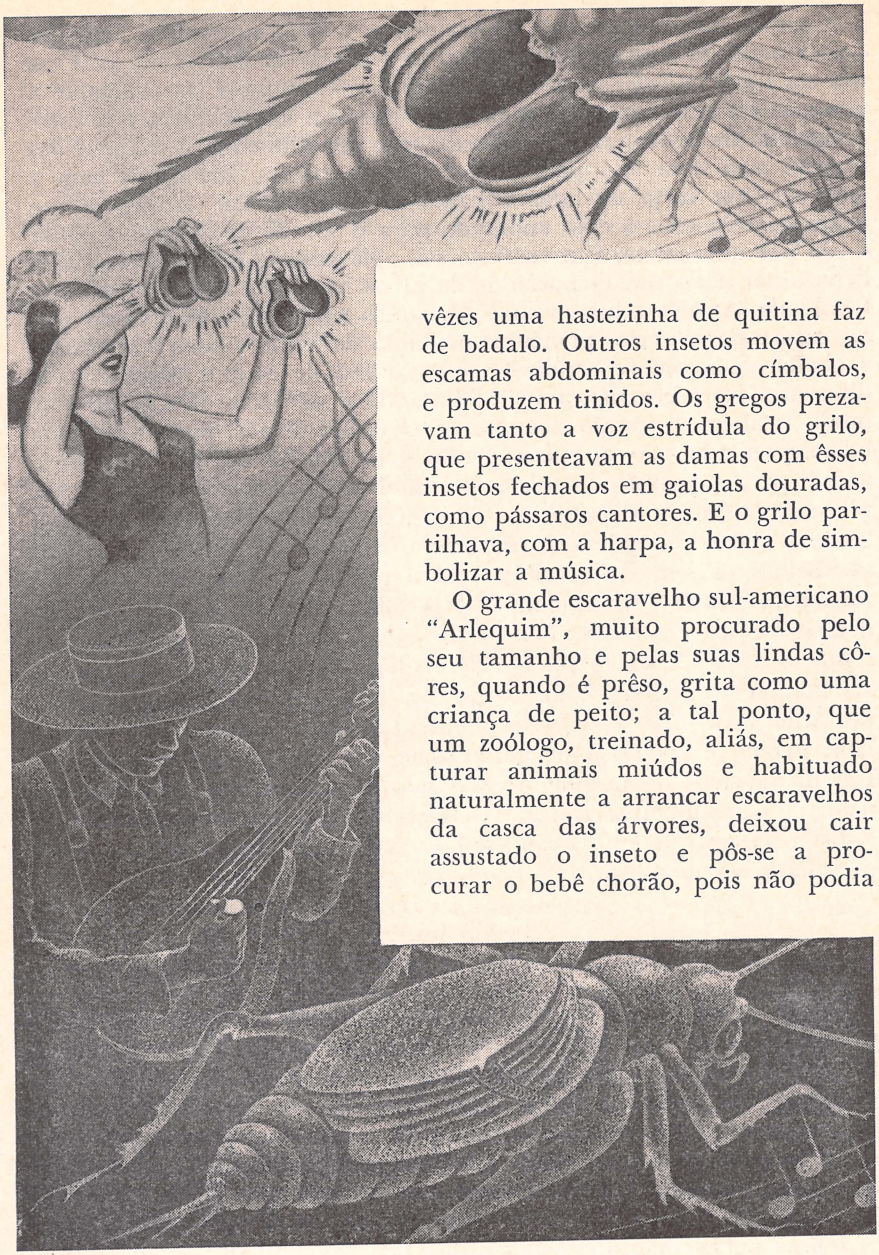
Que vêem a abelha, ou a môsca? Cumpre distinguir entre o que consegue uma aparelho óptico, isto é, o que êle *vê* e o que o cérebro forma, como sensação subjetiva, com a imagem que aparece no fundo dos olhos. Podemos ver ou reconstruir a imagem no fundo dos olhos do animal; não podemos, no entanto, dizer o que o animal faz dessa imagem como "sensação". Até nos homens mal nos é dado calcular isso. Imaginemos o pai, a mãe e o filho diante da Madona de Murilo. Òpticamente, os três vêem a mesma coisa; psìquicamente, êles têm três sensações fundamentalmente diversas. A criança vê as asas dos anjinhos e gostaria de tê-las iguais. A mãe examina a roupagem e diz consigo: "Pouco mudou a moda..." O pai, que é pintor, estuda a distribuição da luz e das sombras, que não existe absolutamente para o garôto — embora, no fundo do ôlho, êle tenha exatamente a mesma imagem. Dois indivíduos olham uma página de música; a um dêles as notas, que lhe tremem ante os olhos, provocam bocejos; o outro as lê, como se fôssem um romance empolgante, e mal se pode apartar dessa magnífica "Fuga". Quando os primeiros exploradores da África, munidos de máquinas fotográficas, fotografaram aquelas populações e lhes mostraram os retratos, os negros pulavam de contentes, corriam à procura dos outros e punham-lhes as fotografias diante dos olhos — de pernas para o ar. Não adiantava dar-lhes explicações. Êles seguravam as fotos de qualquer maneira; tanto faria dar-lhes fotografias de gazelas. Mais tarde, porém, marchando com o fotógrafo na região, os negros apontaram sùbitamente um matagal: ali andara uma pantera. O branco, por mais que se esforçasse, não via nada. Era tão mal treinado em reconhecer um rasto na floresta como êles em examinar fotografias. E um e outros estavam quites.

Graças aos olhos facetados, o inseto vê de três maneiras. As facêtas fornecem, antes de tudo, imagens próximas, ampliadas sessenta vêzes. A abelha enxerga — provàvelmente — dentro duma flor, como nós no interior dum quarto. Secundàriamente, pela sua superfície reticulada, o ôlho facetado é um órgão de orientação. Se riscarmos uma rêde na vidraça, através da qual contemplamos a paisagem, e numerarmos os quadrados a partir de baixo, poderemos dizer: o cão que vejo no quadrículo inferior n.º 6 fica a cinco metros de distância; a árvore, no quadrículo central 210, dista cento e oitenta metros; a andorinha do quadrículo 418 está além de mil metros. Se — como é verossímil — o inseto em vôo enxerga o espaço circunstante, repartido em quadrículos, os olhos servem-lhe como medidores de distância. Von Frisch descobriu, nos últimos anos, outra função dos olhos facetados — uma das mais belas descobertas do século.

A luz do sol é polarizada parcialmente pela atmosfera. Polarização é a extinção de determinados planos de vibração da luz. A luz atua em nós em todos os raios do círculo. A atmosfera amortece parcialmente a vibração em certos raios, de modo que êstes, em vez de terem o branco-amarelado da luz solar, nos aparecem com côr diferente. A maioria dos homens não nota essa polarização; muitos, porém, são aptos para a perceber, em certa medida. Olhando o azul do céu, enxergam um feixe amarelo com o eixo apontado para o sol. Se os fizéssemos olhar o céu por uma fresta, sem verem o sol, pela posição do feixe poderiam determinar a do sol. O portador de olhos facetados também tem essa faculdade. As oito células visuais, dispostas em círculo debaixo do cristal, registram só certos planos de oscilação da luz e, conseqüentemente, a abelha vê o céu repartido em oito setores de côres e luminosidade diferentes (veja-se a figura 154). Mudando a abelha a direção do vôo, muda também a posição dos setores. O inseto dispõe, portanto, duma bússola voltada não magnèticamente para o pólo norte, mas òpticamente para a posição do sol, e que também lhe serve de relógio. Explicam-se assim de golpe muitos "milagres" que se contam da vida das abelhas. Todo milagre se explica, se o homem se instruir. Lê-se que as abelhas partem em revoada, mal a primeira metade do disco do sol assoma sôbre a paisagem; e se recolhem quando a outra metade desaparece no horizonte. Podem ser tão pontuais, porque, desaparecendo o disco do sol, o relógio delas deixa de ser visível. As abelhas orientam-se ao ar livre, com a segurança de quem traz bússola e mapa. Por que não? Elas trazem realmente bússola e sextante na cabeça. Isto, porém, é apenas a primeira parte das belas descobertas de von Frisch. Sabemos agora que, regressando à colmeia, as abelhas informam as companheiras acêrca das flôres que encontraram, da direção e distância em que estas ficam, se oferecem muito ou pouco mel. Sim; os insetos sabem narrar.

12) Voz e ouvido

Graças ao microfone e à válvula amplificadora, a ciência conseguiu explorar um setor da vida dos insetos, até há pouco vedado à humanidade: a linguagem. Os insetos não são nem surdos nem mudos. Conhecem-se há muito, e foram bem estudados, os que fazem música sonora como o gafanhoto e o grilo (Fig. 138). Uns esfregam uma na outra as asas, numa das quais têm uma orla estridente, uma espécie de cítara; outros são providos dum espinho que, nos grilos, passa sôbre essa orla sonora oito vêzes por segundo. Os gafanhotos utilizam as longas patas como arcos de violino. Um grilo sul-americano produz um som agudo, como um apito de locomotiva. Ao lado dos músicos que se valem das patas e das asas, há os ventríloquos. O escudo da couraça abdominal converte-se em tímpano acionado por músculos. Às



vêzes uma hastezinha de quitina faz de badalo. Outros insetos movem as escamas abdominais como címbalos, e produzem tinidos. Os gregos prezavam tanto a voz estrídula do grilo, que presenteavam as damas com êsses insetos fechados em gaiolas douradas, como pássaros cantores. E o grilo partilhava, com a harpa, a honra de simbolizar a música.

O grande escaravelho sul-americano "Arlequim", muito procurado pelo seu tamanho e pelas suas lindas côres, quando é prêso, grita como uma criança de peito; a tal ponto, que um zoólogo, treinado, aliás, em capturar animais miúdos e habituado naturalmente a arrancar escaravelhos da casca das árvores, deixou cair assustado o inseto e pôs-se a procurar o bebê chorão, pois não podia

Fig. 138a — INSETOS MÚSICOS, I.

crer que um escaravelho chorasse daquele jeito. O "Arlequim" manhoso é ainda mais interessante pelos seus simbiontes. Sob a proteção das suas asas, habitam ácaros. Alimenta-se dêles um pequeno escorpião, como o escorpião dos livros (Chelifer cancróide) que não é um verme, e vive da caça aos ácaros e aos piolhos (átropos pulsatórios) dos velhos alfarrábios. Os escorpiões instalam-se em fila entre as escamas da couraça do escaravelho e, quando o "Arlequim" levanta vôo, seguram-se com as garras. Mas os ácaros degenerados não têm garras nem fôrças; segregam dum tubo em forma de clarinete uma substância mucilaginosa e colam-se para o vôo. Quando o besouro pousa, os ácaros emitem um líquido que dissolve as gotas de cola. Amarrar-se

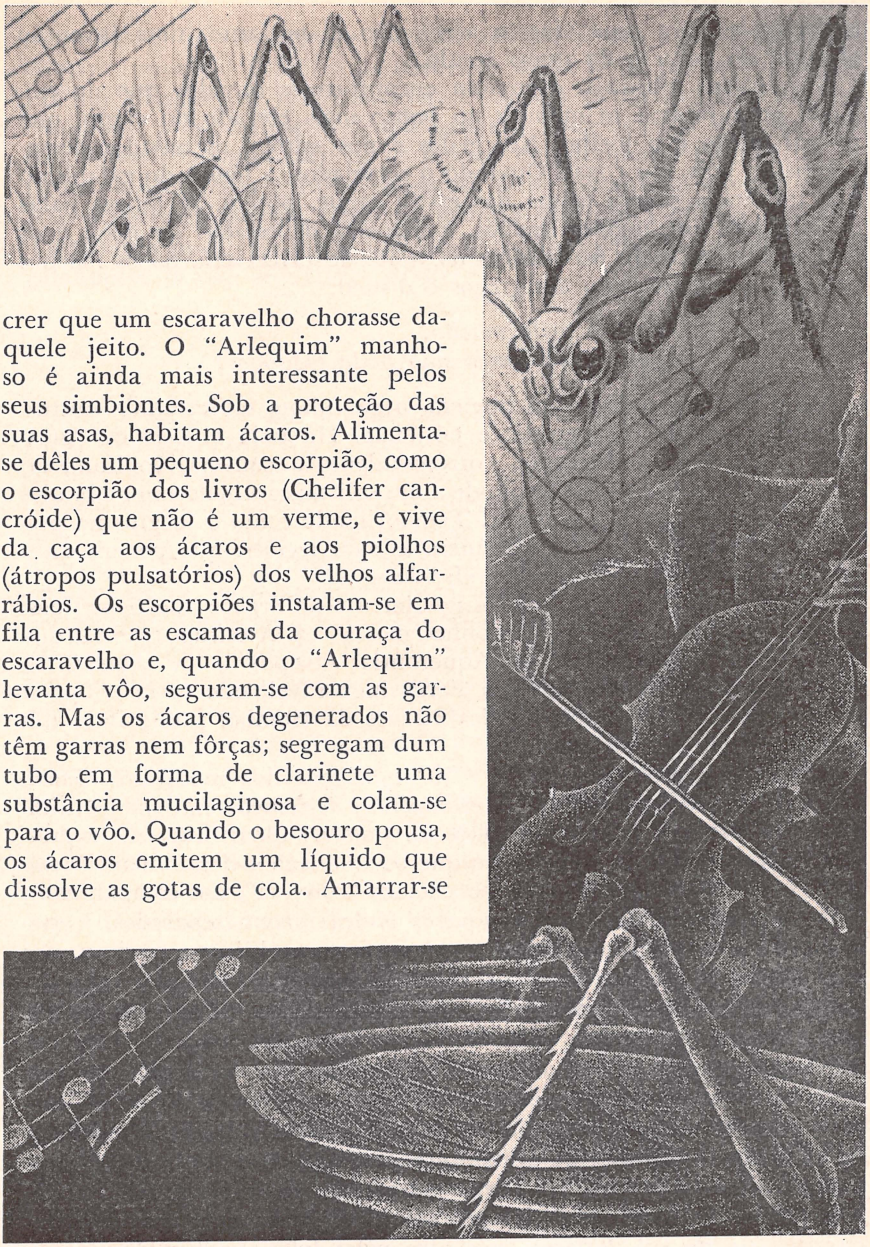


Fig. 138b — INSETOS MÚSICOS, II.

e desatar-se para uma viagem aérea não é, portanto, uma invenção original do homem do nosso século...

Nos insetos musicais, é comum encontrarmos ouvidos que ouvem. Tôda criatura tem os ouvidos no ponto mais elevado do corpo, que no gafanhoto é o joelho. Nos grilos e nos saltões, os ouvidos desenvolvem-se, pois, nas coxas. Ouvindo o cortejador, a fêmea do gafanhoto não levanta a cabeça acima das ervas; ergue, porém, as longas patas de saltadora em ângulos agudos, à maneira de escadas de mão; e os seus joelhos escutam no silêncio da noite de primavera. Só os machos cantam, o que inspirou aos gregos o dístico:

Feliz o grilo macho,
pois a sua fêmea não pode tagarelar!

Afora os sons audíveis ao homem, o gafanhoto emite ainda outros, supersônicos, que êle percebe e nós, não. Há uma espécie de "grasnido" de caráter indiferente, correspondente à conversação humana; canto coral em que o côro responde a um solista; cantos de amor e brados de apêlo, na época de enxamear. Tamborilando como os negros no prado, os gafanhotos em pouco reúnem as suas legiões, que podem constar de quinhentos milhões de indivíduos!

Muitas borboletas são dotadas igualmente de órgãos auditivos; mas, exceto uma, até hoje não lhes conhecemos a voz. A esfinge-caveira, que tem a bela denominação de Aquerontia Átropos — de Aqueronte, o rio dos infernos, e Átropos, a Parca inexorável, que corta o fio da vida — sopra o ar dos seus foles através da tromba, produzindo um som perceptível ao homem.

Um campo recém-explorado é a linguagem dos mosquitos. Entre êles também só se fazem ouvir os machos; as fêmeas emitem fortuitamente um som estrídulo. Até hoje foi possível identificar três expressões: raiva, pedido de socorro e o que os americanos denominam "wolf-call", o assobio-chamariz com que a fêmea "convida", um companheiro. Os mosquitos machos e os mosquitos fêmeas vivem separados, à maneira dos árabes. Só o macho se movimenta em público; quando vemos uma nuvem de mosquitos, são só machos, zumbindo excitados. Aparece tìmidamente uma fêmea e atrai, com o seu trilo estrídulo, um macho que a segue nas moitas. Depois do encontro amoroso, êle volta ao bando. Os machos não se afastam dos arredores da sua "praça do mercado"; a fêmea fecundada, pelo contrário, é capaz de percorrer milhas, para desovar num sítio favorável à cria. Com o auxílio de válvulas amplificadoras e discos de gramofone, gravou-se o trinado das fêmeas e construíram-se armadilhas apropriadas para atrair os machos; filólogos, peritos na linguagem dêsses insetos, seguiram para os territórios da África e do sul da Ásia, assolados pelas febres, a fim de estudar a fala dos mosquitos e descobrir em que medida os machos acodem às armadilhas, engodados pela imitação da voz das fêmeas. A julgar pelas nossas experiências no mundo humano, não deveria ser difícil. Seja

como fôr, é de crer que os dias do apanha-môscas e do mosquiteiro estejam contados. Também os nevoeiros de D. D. T. cairão em desuso. Eis um aparelho de rádio endereçado de dia às môscas, de noite aos mosquitos; e os machos acodem a passear à roda dêle. Já se tenta hoje, com falsos comandos, desviar as nuvens de gafanhotos para terras sáfaras, ou oferecê-las à fúria vingadora dum mecanismo exterminador. Não acontecerá, porém, como na história da técnica militar humana? Tôda arma nova cria novas defesas. Quem nos garante que um dia os gafanhotos já não se deixem iludir?

13) O inseto converte-se em parasita

Instalar-se, como faz o mosquito, na pele doutro animal para lhe sugar o sangue nutritivo, é muito aliciante; não admira que o sugador de sangue não se vá embora e se deixe ficar onde se fartou, esquecendo, desaprendendo, perdendo tudo na delícia de tragar a beberagem inebriante. Assim a môsca degenerou em pulga; a aranha, em ácaro. Tornando-se parasitas, perderam os órgãos de que não necessitavam. Deixando êles de voar, atrofiaram-se as asas; não precisando estar à espreita, enfraqueceu-se a vista. Sobreveio finalmente a cegueira; e a anquilose para as patas que já não correm, e que, de viverem agarradas, passam da sua bela forma primitiva à de garras odiosas. Como em todos os parasitas se opera a mesma evolução, êsses parecem-se como os ébrios entre os homens. Insetos, a princípio dessemelhantes como a môsca, o gafanhoto, a aranha, o besouro, no estado de parasitas assemelham-se tanto, que já não é possível distingui-los. Todos se tornam chatos. Os que vivem em peles felpudas, como a pulga, achatam-se em sentido vertical, isto é, adelgaçam-se como facas, para se moverem com desembaraço entre os pêlos; os que se agarram à pele, como o percevejo, o piolho, achatam-se em forma de moeda. Dos órgãos internos restam só o estômago e o ovário e os dois estímulos correspondentes: "a fome e o amor". Em muitas espécies, o excesso de alimento amadurece os ovos já no corpo da mãe e nascem embriões ou insetos completos. O pulgão não só gera cria viva, mas desenvolve até glândulas que os filhotes sugam como uma têta. Os machos de certas espécies tornam-se tão preguiçosos, que não abandonam o corpo da mãe; ou afastam-se apenas para lhe rastejar na abertura genital e fecundar ali os ovos que de lá saem — a única atividade da sua existência. Na figura 139, vemos a vida doméstica dum ácaro, que vive numa lagarta. Os pequenos ácaros, instalados no corpo eternamente prenhe da mãe, sugadora de sangue, são machos maduros. Esperam na abertura genital da mãe os novos filhotes. Se forem fêmeas, atiram-se a elas — o cúmulo da perversidade no conceito humano. "Asilo Noturno", no mundo dos insetos.

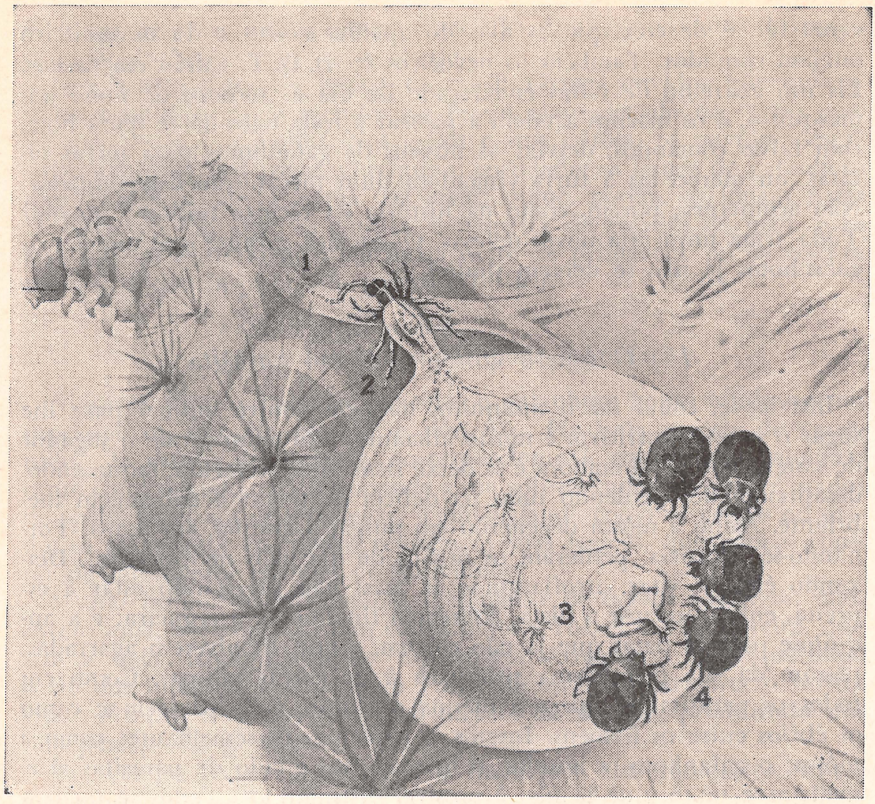


Fig. 139 — ASSIM VIVEM OS PARASITAS. Numa lagarta (1) instala-se um ácaro fêmea (2), para lhe sugar o sangue. Nada mais tendo a fazer, cria em si os seus ovos e dá à luz filhotes vivos (3). Como êstes também não têm coisa melhor a fazer, os machos ficam nas proximidades da abertura genital da mãe, aguardando o nascimento das irmãs para se acasalarem (4).

14) Mimetismo

A ciência denomina mimetismo, em sentido restrito, o embuste de passar por ser outra criatura. Em acepção mais ampla, porém, mimetismo sintetiza tôdas as manobras destinadas a iludir.

Os insetos são mestres do mimetismo. Um percevejo aquático rasteja para um inseto que parece encapsulado. A cápsula abre-se; escancara-se uma bôca e o percevejo é tragado por ela (Fig. 143, 4).

Um pássaro precipita-se para uma lagarta. No último instante, porém, recua, porque dois olhos enormes se cravam nêle, como se o quisessem hipnotizar (Fig. 140). Não são olhos; são duas manchas amedrontadoras. Os olhos da lagarta são, na realidade, os dois pontos quase imperceptíveis na parte anterior do nariz.

Uma maripôsa pousada num tronco, mal se distingue dêle, por causa do colorido que não sobressai do ambiente. Aproxima-se cautelosamente uma lagartixa para abocanhar o inseto. Êste abre as asas. O sáurio vê-se ante dois olhos que se diriam congestionados de fúria e arrepia carreira. Nós os homens, sempre demasiado prontos a explicar, dizemos que são olhos aparentes, imitações de olhos. Mas essa explicação não quadra ao caso, porque as imitações se manifestaram na história, antes dos originais. Além disto, aparecem em animais e em partes do corpo onde não pretendem fazer papel de olhos. Há peixes que têm "olhos" nas barbatanas; na salamandra e no pavão, êles estão na cauda; a pantera os apresenta no lombo. As manchas

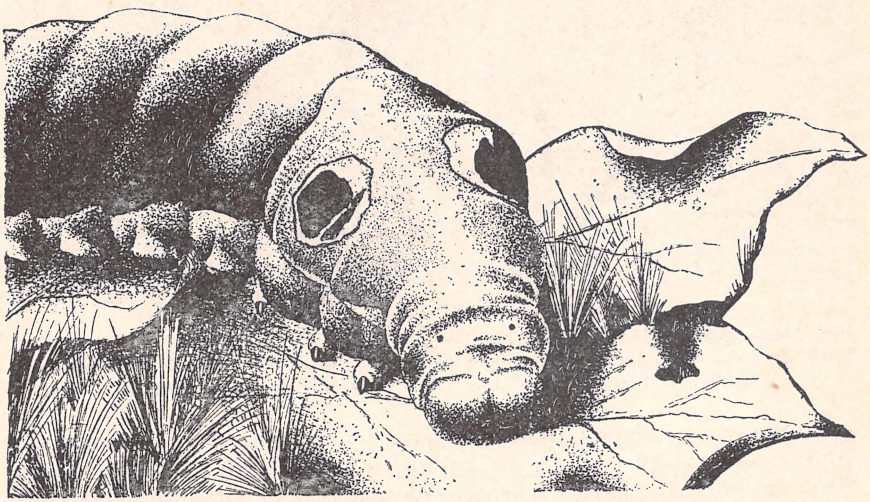


Fig. 140 — MIMETISMO, I — OLHOS ESPANTADORES. — Muitas lagartas apresentam grandes manchas de côr, semelhantes a olhos, para espantar os inimigos. Os verdadeiros olhos são os pontinhos pretos, no primeiro plano.

oculares não são imitações de olhos autênticos e sim formas paralelas aos olhos. Se o plasma é ativado por qualquer coisa que cativa o olhar, formam-se círculos concêntricos e aparecem figuras para nós semelhantes a "olhos", porque os nossos olhos também se constituíram segundo êsse motivo. Damos a muitos símbolos pintados pelos povos antigos a denominação de "sóis". Êsses sóis não são, no entanto, a imagem do sol e sim pontos pintados em côres vivas, que lhes fazem as vêzes. Assim a criança pinta "estrêlas", antes de saber o que é um astro.

Na figura 141, vemos ramos e fôlhas. As fôlhas, de 1 a 4, não são fôlhas e sim borboletas; da mesma forma, os ramos 5 e 6 são gafanhotos. Na figura 142, 1 e 2 são animais e não fôlhas. Compreende-se que os hindus as considerem fôlhas animadas. Quando se introduziu na Índia um arbusto, cujas fôlhas eram ainda mais semelhantes aos

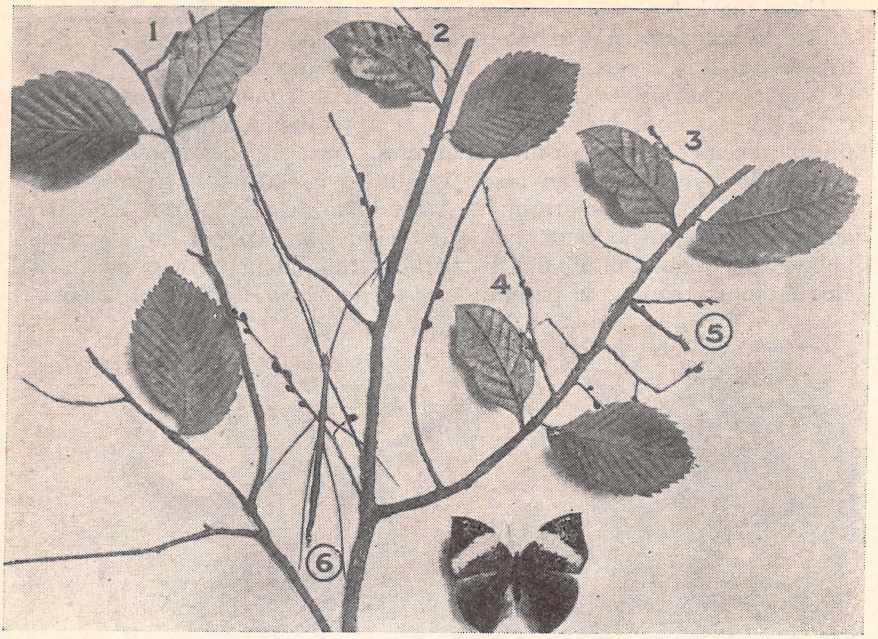


Fig. 141 — MIMETISMO, II — IMITAÇÃO DE RAMOS E FÔLHAS. De 1 a 4, borboletas; 5 é uma larva em forma e posição de ramo. 6 é um pau-gafanhoto imitando um feixe de raminhos. (De "As Maravilhas da Natureza").

gafanhotos, os insetos passaram-se para a nova planta. Os animais não imitam apenas as fôlhas e os galhos, mas também a sua disposição, de modo que não alteram o aspecto da planta. Um gafanhoto gigantesco da África oriental (3) não se limita a tomar a forma e a côr duma flor; postado com as mandíbulas esticadas para o céu, assemelha-se a uma flor e agita as asas como se fôssem pétalas. Se vier uma abelha, o gafanhoto não a toca, porque êsse inseto não lhe oferece alimento. Engole, em compensação, tôda maripôsa que pousar nêle. Que história tenebrosa! É coisa que nos deixa sem fala, como ante as obras maravilhosas da capela dos Médicis.

O proveito que os gafanhotos tiram dessa camuflagem é tão evidente, que logo ocorre a explicação. A imitação livra o animal de ser descoberto. Um belo dia, porém, a ciência fêz explodir a bomba, na casa aprazível do "saber admitido"; a fôlha animada é mais antiga do que a fôlha imitada.

Os animais venenosos não se escondem, confiando nas suas armas; imitam os heróis clássicos, que se metiam em armaduras fulgurantes, para que, já de longe, se tivesse idéia de que se aproximava um guerreiro temível, e todos se pusessem em fuga. As serpentes venenosas adquirem côres vivas nas areias do deserto a fim de que pessoas e

Fig. 142 — MIMETISMO, III — IMITAÇÃO DE FÔLHAS E FLORES. 1 é um gafanhoto que imita uma fôlha aberta. 2 é um gafanhoto, simulando uma fôlha enrolada. 3 é a "flor do diabo", um gafanhoto que toma não só a forma como também as côres duma flor do seu habitat e captura os insetos iludidos.

animais andem à roda delas. Ninguém se atreve a pisá-las. Lagartas venenosas rastejam, revestidas de "côres belicosas", porque sabem que nenhum pássaro as devorará; e a joaninha exibe-se num encarnado vistoso, pois sabe que é amarga como fel. As borboletas venenosas sentem-se tão seguras, que voam mais devagar do que as espécies não venenosas. Êsses animais venenosos são imitados pelos que não o são. As serpentes inofensivas assumem os característicos das que têm peçonha. As môscas imitam a pompa dos marimbondos e há borboletas que se disfarçam em vespas. Neste caso também, a explicação parecia simples e encontrava-se em tôda obra da literatura antiga. Descobriu-se depois que o fato não deixa de ser autêntico; sapos inofensivos tomam as côres dos venenosos; os sapos venenosos, porém, vivem na Índia e os seus imitadores, em terras onde aquêles nem sequer são conhecidos. O ouriço não faz diferença entre cobras venenosas e não venenosas; devora as duas espécies e a pretensa côr belicosa não o assusta; ajuda-o, pelo contrário, a achar a prêsa.

A fôlha animada não está absolutamente em melhor situação do que as outras da sua espécie. Se fôsse o caso, haveria mais fôlhas animadas e menos saltões. Essa forma absurda só traz desvantagem ao animal; condena-o a viver nas moitas cujas fôlhas imita; obriga-o a usar ador-

nos desnecessários, inibe-o de saltar. Assemelha-o a uma dama da época da crinolina: impossibilitada de se sentar e precisando duma larga carruagem, para se locomover.

Com esta comparação voltemos ao bom caminho. Deitemos ao mar todas as teorias.

É pardacenta, caro amigo, qualquer teoria,
É verde a árvore dourada da vida!

A vida toma a mesma liberdade estouvada que Goethe se arrogou nestes dois versos. A vida é livre. Cheia de ilogismos e de excentricidade. O mimetismo é um capricho, como ser dourada uma árvore verde. Não se pense racionalìsticamente em finalidade e defesa, mas em luar e cintilação prateada, em vendaval e canto de rouxinol. Pensemos que nós, os homens, também prezamos enfeites e disfarces, gostamos de praticar a imitação e o mimetismo, enquanto ainda somos ingênuos, isto é, enquanto obedecemos aos instintos inatos. Pensemos nos homens das eras primitivas que se vêem disfarçados em aves ou crocodilos, nos desenhos murais; nos germanos que se enfeitavam com chifres de boi; nos índios que executam danças de animais, antes de tomarem uma deliberação; pensemos nos nossos bailes de máscaras, nos homens do rococó em vestes de pastôres, sendo muito outra coisa do que zagais inofensivos; em Papageno, ou no guarda florestal que anda na floresta vestido de verde, para não ser visto pelos animais de caça; êstes, porém, o farejam e ouvem, muito antes que êle apareça. Todos êsses disfarces não têm sentido; são mimetismo. Mescla de sensatez e disparate, de ardil e fingimento. Elevemo-nos da mentalidade mesquinha e indigna de querer explicar tudo, de achar atrás de tudo uma finalidade, como aprendemos na qualidade de filhos e netos do prático e prosaico século XIX. Tempo virá em que o nosso presente modo de encarar a natureza será olhado com o desdém que nós votamos aos escolásticos da Idade Média, quando se escreviam dissertações sôbre se "Adão ressuscitou com vinte e quatro ou com vinte e três costelas" ou "Sunt mulieres homines?" ("Devemos considerar as mulheres sêres humanos?")

15) O inseto como inventor

Falta um característico na fig. 127, que nos apresenta os dez sinais distintivos dos insetos: a atividade. Para a maioria das criaturas, há só os dois estímulos mencionados por Schiller: "fome e amor".

Os insetos, porém, trabalham pelo prazer de trabalhar. Observemos, por exemplo, num aquário o comportamento dos peixes e dum besouro aquático; ou comparemos a existência do cão e do gato à da abelha ou da formiga. "Laboriosidade de abelha" é o superlativo dum elogio. E a Bíblia reza: "Vai ver a formiga e aprende, ó preguiçoso".

Estrutura física é caráter. A criatura é uma "vontade" fundida em plasma. O dinamismo do inseto evidencia-se no grande número de

instrumentos dos quais a figura 143 nos oferece oito exemplos agrupados arbitràriamente. O vaga-lume tem a lanterna elétrica ideal: respira e acende uma luz fria, sem a perda de energia das nossas lâmpadas incandescentes (2). A larva da libélula inventou a viseira do cavaleiro (4); a lagarta forneceu o princípio da gaita de foles, que funciona automàticamente com a respiração (7). O besouro aquático é o inventor do respiradouro; e há numerosos modelos de telêmetro de ação baseada no princípio da paralaxe (3). Quando faz calor na colmeia, uma abelha-operária adolescente, que ainda não trabalhe com pólen, é designada para o serviço de ventilador; a abelha posta-se à entrada e deixa "girar" as asas (5). Nós vaporizamos inseticida contra as térmites; as térmites o expelem contra as formigas. Os besouros aquáticos segregam tinta como os polvos. Em momentos de perigo, as lagartas expelem sangue pelos orifícios respiratórios; pelas cavidades auditivas dos joelhos, os gafanhotos atiram aos olhos das lagartixas um veneno mal cheiroso, misturado com sangue. O besouro-bombardeiro esguicha um líquido salitroso, que explode em contato com o ar; e, consta até que depois da explosão, cheira a pólvora. Isto resolveria a velha pendência de quem foi o verdadeiro inventor da pólvora...

16) A inteligência inata: "instinto"

Um instrumento complicado requer uma inteligência complexa. Um homem precisa de semanas de treino para dactilografar com desembaraço uma carta, ou para dirigir um auto, sem emoção, numa grande cidade. Como os insetos só vivem dias, ou poucas semanas, a faculdade de lidarem com os seus instrumentos deve ser inata. A libélula não tem tempo para prestar exame de pilôto. A inteligência inata da criatura para desempenhar as suas funções chama-se instinto. O que nós, os homens, temos de aprender através duma educação laboriosa: correr, falar, escrever, o inseto o tem, ao acordar do seu sono de larva, como saber inato e hereditário: o Senhor favorece os insetos no sono.

Até a êste ponto o homem poderia pensar que, embora não entenda, chegaria a entender. Mas as faculdades inatas, geradas pelo instinto, não se limitam ao uso das asas ou do ferrão do mosquito; alcançam séries inteiras de ações que, fora do horizonte da inteligência e de qualquer possibilidade de compreensão, afetam o modo de vida do indivíduo; por isto von Hartmann definiu o instinto: "a ação oportuna, sem consciência da finalidade". O pássaro, que nunca viu um ôvo nem um ninho, fabrica o ninho exatamente apropriado, na forma e na capacidade, ao número dos ovos que mais tarde há de pôr; o parapeito do ninho, que êle constrói, tem exatamente a altura necessária para os filhotes não se precipitarem ao solo, assim que as suas asas adquiram fôrça para sustê-los. Se lhe negarmos material para o ninho, o pássaro executará, a despeito de tudo, os movimentos com que o faria, imitando nisso o enfêrmo mental, que plasma no ar uma

Fig. 143a — AS INVENÇÕES DOS INSETOS, I. 1) O Inseticida. 2) A lâmpada sinaleira. 5) O ventilador. 6) O respiradouro.

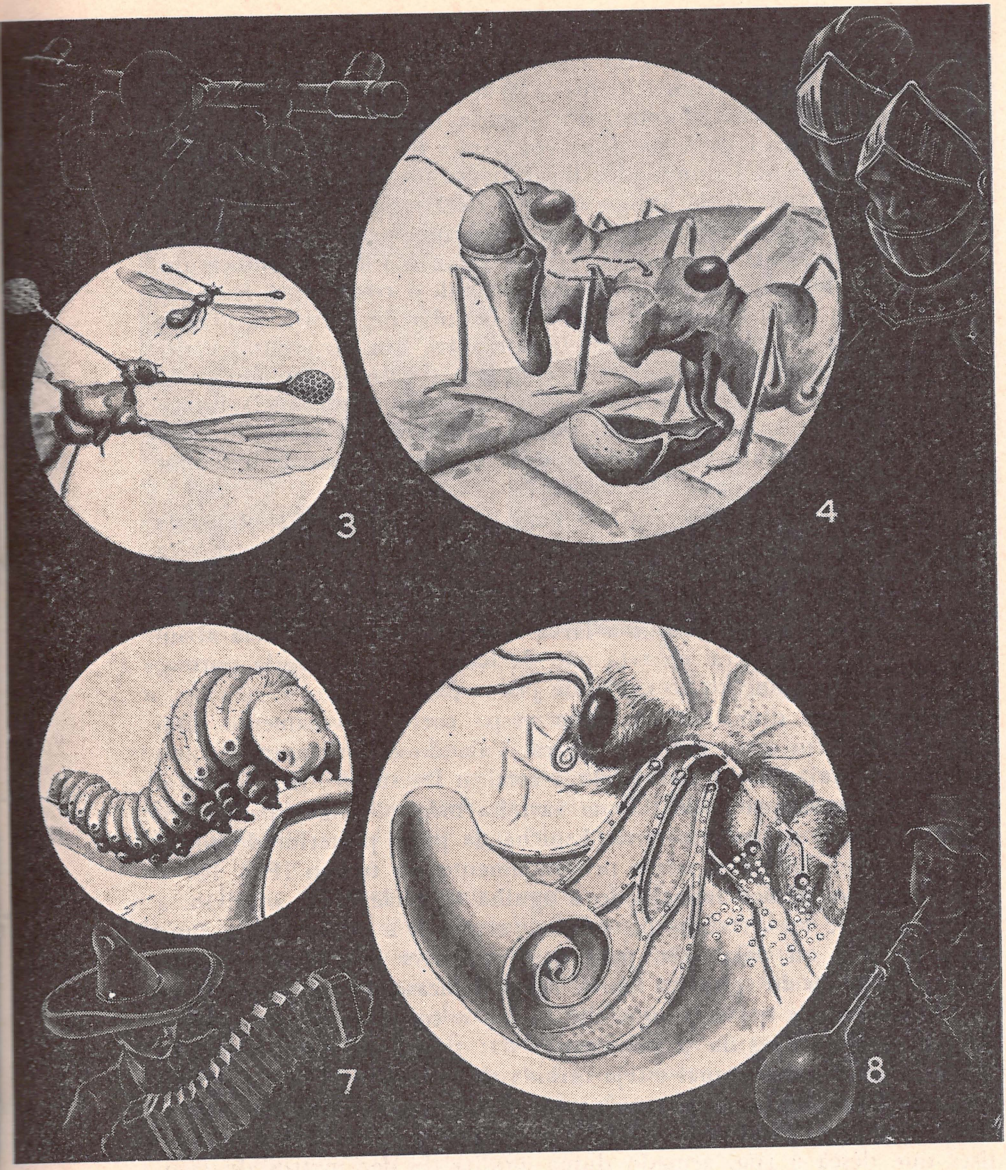


Fig. 143b — AS INVENÇÕES DOS INSETOS, II. 3) O telêmetro. 4) Armadura e viseira. 7) Gaita de foles. 8) Moldagem do vidro.

forma ilusória; e, se lhe perguntarmos o que está fazendo, responde com um olhar de êxtase à sua obra imaginária: "Então, não está vendo êste magnífico Netuno com tridente?" A ação instintiva é um ato racional em si, mas executado obrigatòriamente, mesmo quando não haja razão aparente para isso. A maripôsa voa para a luz que a mata, porque o vôo para ambientes iluminados lhe convém no seu habitat natural, cinqüenta mil anos mais antigo do que as lâmpadas de jardim do homem, e porque ainda não se desenvolveu no seu cérebro de inseto a idéia: "a luz mata". A aranha "licose" traz o filhote num casulo. Ai de quem tentar tirar-lhe o casulo; defende-o como uma leoa. Se, nessa porfia a iludirmos dando-lhe uma bolinha de cortiça, a aranha lutará por ela, tanto quanto pelo filhote vivo. Em novecentos e noventa e nove de mil casos, porém, e, acima de tudo, enquanto não interviermos no curso natural dos acontecimentos com astúcia humana, o instinto se manifesta como razão, agindo muito além do horizonte do entendimento, de modo que o animal não parece o senhor e sim o instrumento dessa faculdade.

A fêmea do escaravelho, sagrado para os egípcios como símbolo da fecundidade, amassa com estrume e saliva uma bola onde deposita um ôvo (veja-se a figura 124, embaixo, à direita). Para que a bola não resseque ao sol escaldante do Egito, o inseto a envolve numa capa de barro; mas, para evitar que a larva morra, faz uma saliência abaulada, em forma de pêra, coberta não de barro, mas de argila porosa; e é nesse compartimento arejado que põe o ôvo.

Eis-nos diante duma árvore; uma vespa corre nervosamente dum lado a outro, em certo ponto da casca. Valendo-se das antenas, como um cego do cajado, vai apalpando a cortiça. De súbito, pára como o rabdomante que, por meio da sua varinha mágica, julgue haver descoberto a fonte no seio da terra. Espicha da parte posterior do corpo um longo aguilhão e espeta-o profundamente no tronco (Fig. 144 e 145). Como o médico manejando a agulha com ciência e precisão, a introduz entre as vértebras na coluna vertebral, a vespa espeta uma larva deixada ali pela mãe, para se desenvolver a coberto de todo ataque. A ponta do aguilhão não se crava ao acaso na larva; acerta na dezena de centros nervosos, que lhe riscam o corpo como uma escada de corda, o que regula o movimento das patas, de maneira que a larva continue a viver, mas esteja inibida de se mover. Acertar, através da casca duma árvore, o microscópico centro locomotor do corpo duma larva, com uma cânula, é façanha comparável a exigirmos dum dentista que desça à rua, armado duma agulha de dez metros de comprimento, espete essa agulha através do asfalto no túnel do bonde subterrâneo e anestesie o canino superior esquerdo a um passageiro sentado num dos carros. Após essa ferroada paralisadora, a vespa retira o aguilhão e espeta-o de novo — dessa vez na reserva adiposa de que a larva dispõe para a sua subsistência — e ali põe o ôvo. Em conseqüência disto, na larva da môsca se desenvolve uma larva de

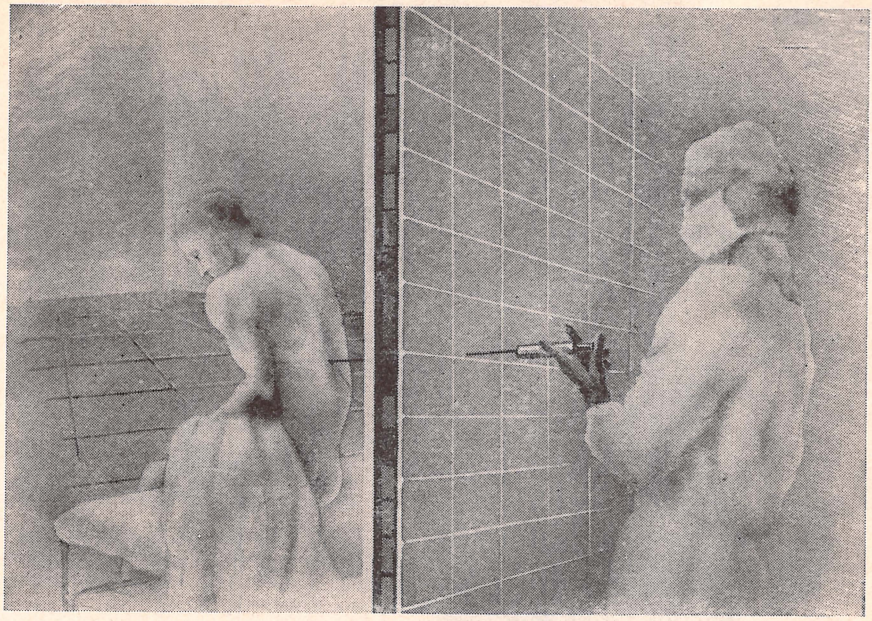


Fig. 144 — CUIDADOS DOS INSETOS COM A CRIA. Pode um médico anestesiar um paciente, sem o ver, através duma parede, com uma agulha de metros de comprimento?

vespa cujo conhecimento da anatomia de larvas não é menor que o materno. Esta vai devorando os órgãos da vítima na ordem inversa da sua importância a fim de que essa continue o mais possível a fornecer-lhe "carne fresca".

Na figura 146 vemos outra vespa — há centenas de espécies diferentes — cavando câmaras subterrâneas para a cria e introduzindo nelas larvas capturadas. Para evitar que estas fujam, a vespa imobiliza-as com uma injeção e pendura-as no teto da furna, que se converte em depósito de "salsichas". Põe depois um ôvo e também o suspende por um fio — um fio com resistência exata para rebentar quando o ôvo se transforma em larva e esta começa a movimentar-se. Mas o bichinho, acordando para a vida, não cai na terra dura. A mãe deixou-lhe uma larva paralisada, deitada de costas, em que o filhote encontra um prato de carne viva.

Há um besouro que enrola os ovos em fôlhas (Fig. 147). Pratica dois cortes, da orla da fôlha para o centro, sem lhe prejudicar a nervura que prende a fôlha ao ramo. Os cortes são feitos de modo a se originarem dois lóbulos; e êstes se enrolam em cartucho. A fim de que a fôlha não continue a crescer, e rebente o cartucho, o inseto remata a obra, fazendo uma série de furos na nervura; a seiva esgota-

Fig. 145 — CUIDADOS DOS INSETOS COM A CRIA, I. Entretanto, uma vespa é capaz de fazer isto: espeta através da casca da árvore uma larva, em determinado ponto do corpo, a fim de pôr ali um ôvo.

se mas a nervura se conserva. Segundo a análise geométrica, o besouro pratica os cortes mais perfeitos que é possível imaginar.

O besouro sitaris, de asas em forma de leque, põe no outono várias centenas de ovos, à entrada de um buraco feito no solo, onde uma abelha silvestre aloja a cria para o inverno (Fig. 148, 1). As larvas que saem dêsse ôvo esperam, à entrada dessa toca, a chegada das abelhas na primavera (2). Aparecem primeiro os machos, porque se desenvolvem mais depressa. As larvas se lhes agarram à pele e vão-se nessa companhia. Surgem depois as fêmeas (3); os parasitas só abandonam os machos durante o acasalamento. (4) Instalam-se então na pele duma abelha fecundada e a vêem sossegadamente colhêr néctar para a prole (5), cavar um buraco (6), cobrir-lhe o fundo com um lago de mel e deitar ali um ôvo (7). A larva aproveita êsse instante, para se apartar da abelha (8). Tem de agir com cautela; com efeito, se cair no melado, afoga-se. Se acertar no ôvo, instala-se ali, até êle crescer para servir de berço. Raspa-lhe então a pele e devora-o (9). Ao têrmo duma semana

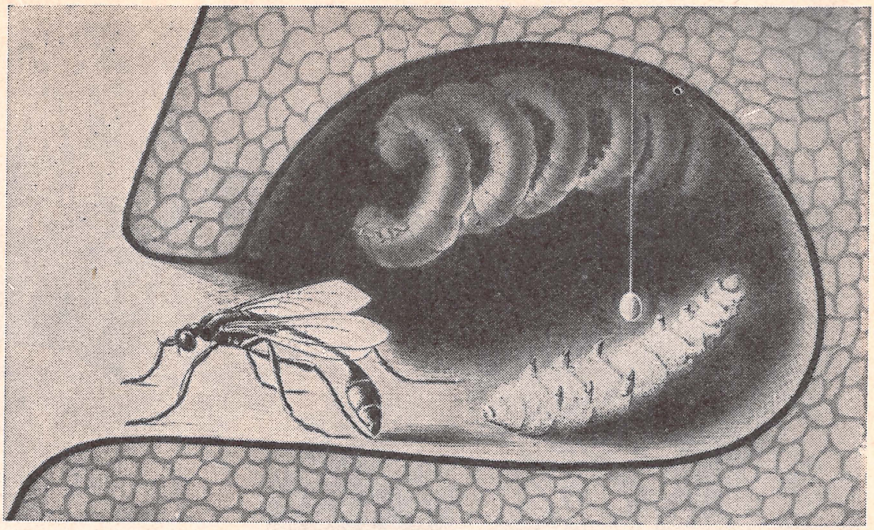


Fig. 146 — CUIDADOS DOS INSETOS COM A CRIA, II. Uma vespa icnêumon prepara um "depósito de salsichas". Deita a última lagarta debaixo do ôvo, suspenso por um fio que rebenta, quando o embrião começar a mover-se. A larva da vespa cai na lagarta, devora-a e adquire assim fôrças para carcomer as outras lagartas-salsichas.

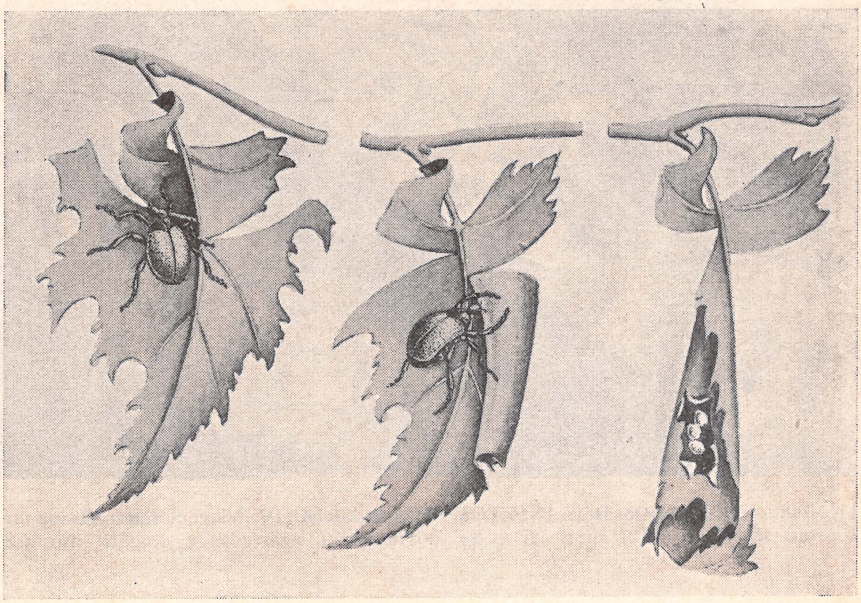


Fig. 147 — CUIDADOS DOS INSETOS COM A CRIA, III. Êste inseto arranja para os filhotes colchões de fôlhas. O desenho do corte satisfaz as exigências da geometria.

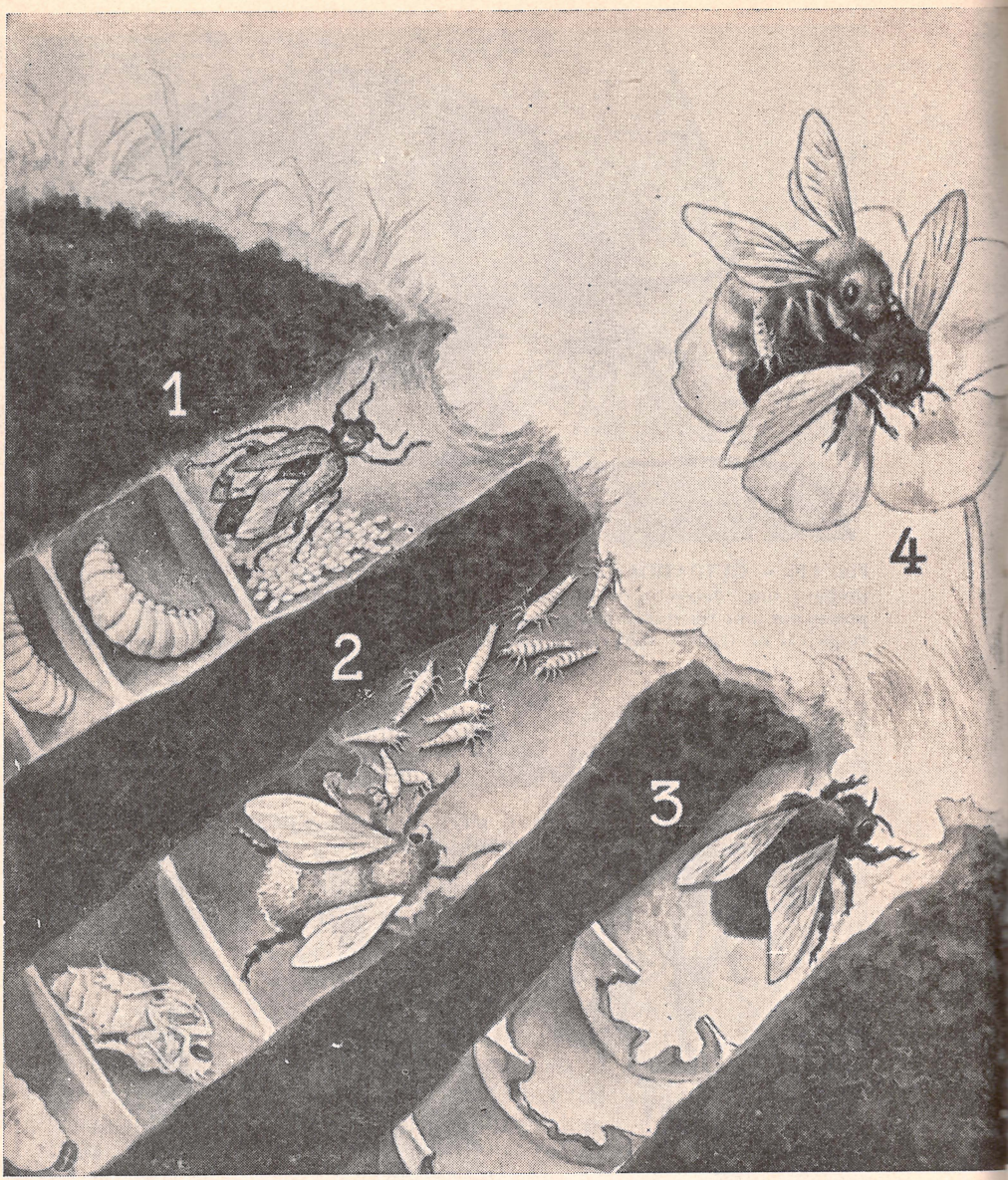
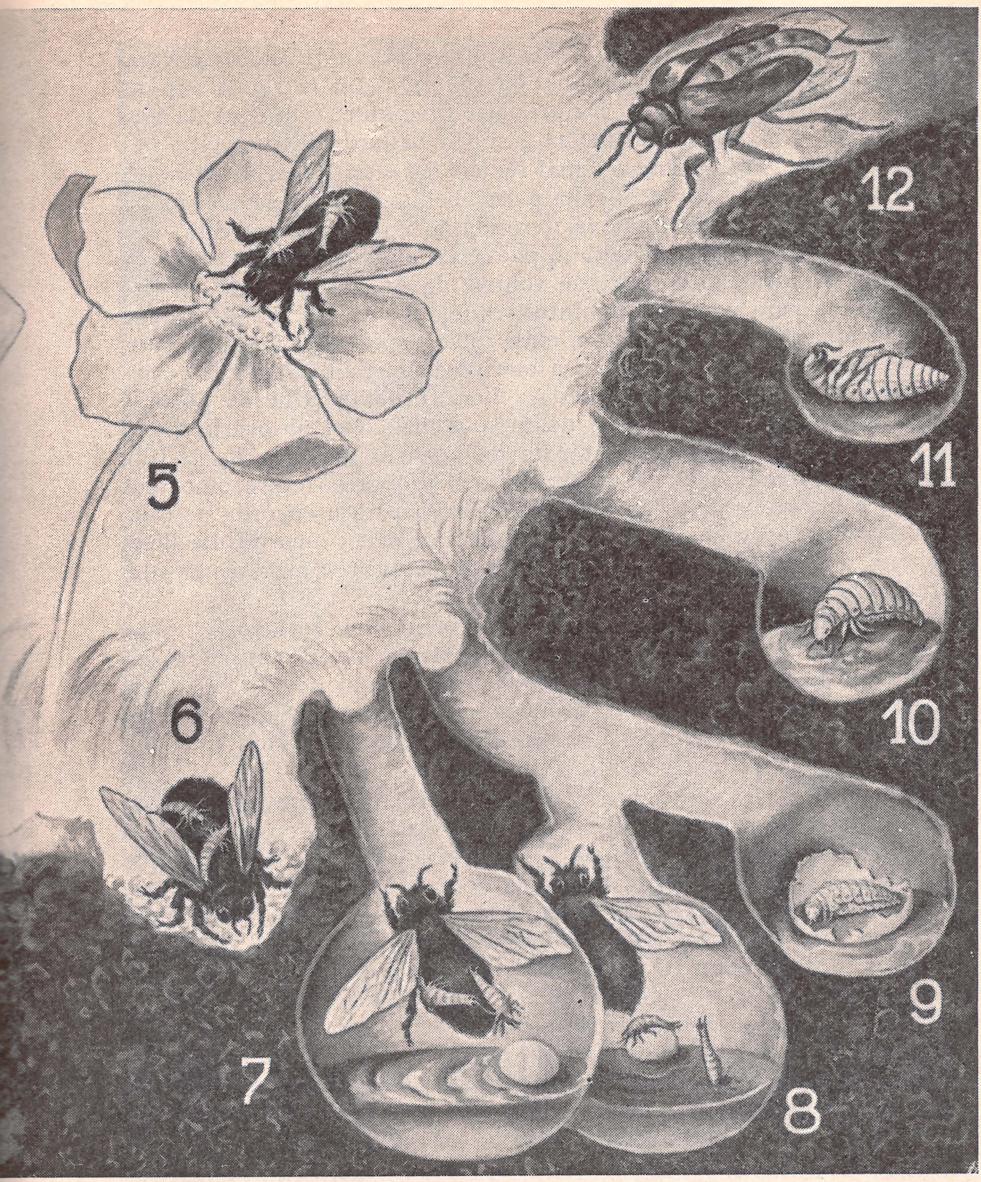


Fig. 148 — CUIDADOS DOS INSETOS COM A CRIA, IV. Viagem maravilhosa do besouro sitaris (1 e 12) cujas larvas se movimentam, agarradas a zangões, durante



o acasalamento se mudam para abelhas fêmeas (4) e depois lhes devoram o ôvo e o mel (7 a 12).

de engorda, a larva graúda chupa o lago de mel destinado às abelhas (10). Bem alimentada, torna-se crisálida (11) e, como entrou o outono, passa o inverno nesse abrigo. Na primavera seguinte, o que sai da toca não é a cria assassinada da abelha e sim o bastardo intruso (12).

A iúca (Fig. 149, 1) abre o canal sexual das suas flôres só de noite. Não pode, portanto, ser fecundada pelas abelhas, e sim pelas maripôsas (2). A maripôsa especializada na fecundação da iúca raspa com uma "colher" curva, que traz na bôca, o pólen das anteras, até juntar diante de si uma quantidade superior ao volume da sua cabeça (3). Com essa colheita, voa para uma flor feminina, rasteja-lhe até ao fundo, volta-se e dá-lhe uma ferroada no ovário, onde estão depositadas algumas dezenas de óvulos (4), entre os quais a maripôsa também põe alguns ovos. Depois, sobe pelo pistilo e fecunda a flor, entulhando-lhe de pólen o canal sexual (5). Torna então a descer, põe mais ovos no ovário, trepa de novo e deita outro carregamento de pólen à abertura do pistilo. Repete essa manobra, até estabelecer certa proporção entre os óvulos picados e os óvulos ilesos da iúca, pois precisa para a engorda de cada uma das suas larvas duns vinte óvulos da flor; deixa uma dezena dêles à planta, a fim de que ela também possa multiplicar-se, para a próxima geração da maripôsa.

As crias do vegetal e do animal amadurecem uma ao lado da outra (6). As larvas de maripôsa, mal adquirem fôrças, cavam corredores no envoltório do fruto, saem para a terra, prêsas a um fio (7). Com êsse fio fazem um casulo onde invernam; na mesma época em que as flôres da iúca desabrocham em cima, abrem-se embaixo os casulos, e as maripôsas se alçam para o vôo nupcial (8).

Quantas histórias dêsse gênero ainda haveria para contar? Poderíamos calcular-lhes o número numa centena; mas nem o ouvinte nem o narrador ficariam sabendo mais. A primeira seria o mesmo grande enigma que a última; e para nenhuma delas o homem dos nossos dias pode oferecer uma explicação. Não pode, porque é muito cedo, como é prematuro tentar um vôo ao planêta Marte. O século XIX pesquisou a anatomia dos insetos. O nosso século trouxe à luz os característicos fundamentais do seu modo de vida. Ocupamo-nos agora de lhes estudar a linguagem. Desvendar a essência do instinto é tarefa para as gerações vindouras. Entre as virtudes exigidas pela ciência não figura apenas a diligência em estudar o que é possível investigar atualmente; é também necessária a "modéstia" perante o futuro. O instinto, naturalmente, não é um mistério, porque não existem mistérios. "Os segredos — já o disse Goethe — não são nenhum milagre".

17) A sociedade dos insetos

Às mais recentes conquistas históricas dos insetos, isto é, às dos últimos cem milênios, pertence a formação de sociedades, clãs e rebanhos. Populações nômades são fenômenos comuns na vida animal; mas

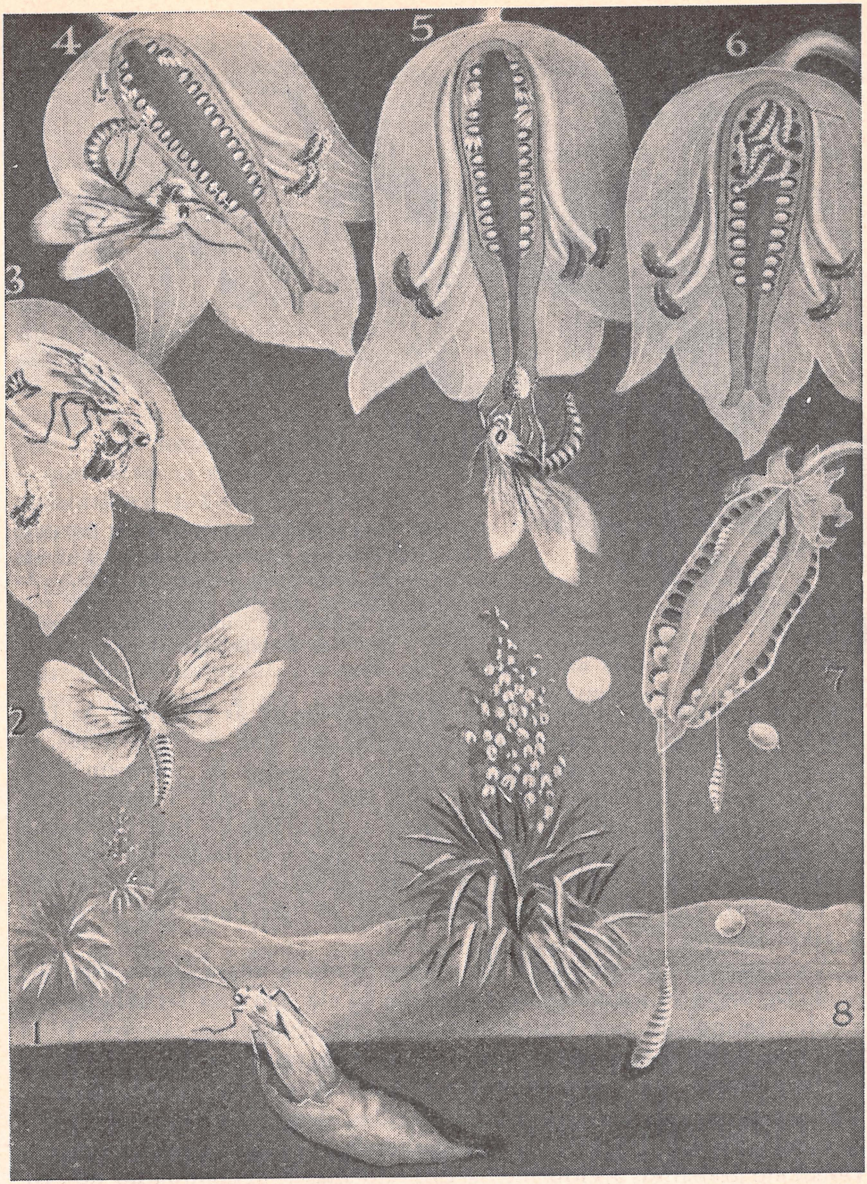


Fig. 149 — CUIDADO DOS INSETOS COM A CRIA, V. A maripôsa da iúca utiliza a flor dessa planta para nascedouro dos seus filhotes. (Explicação no texto).

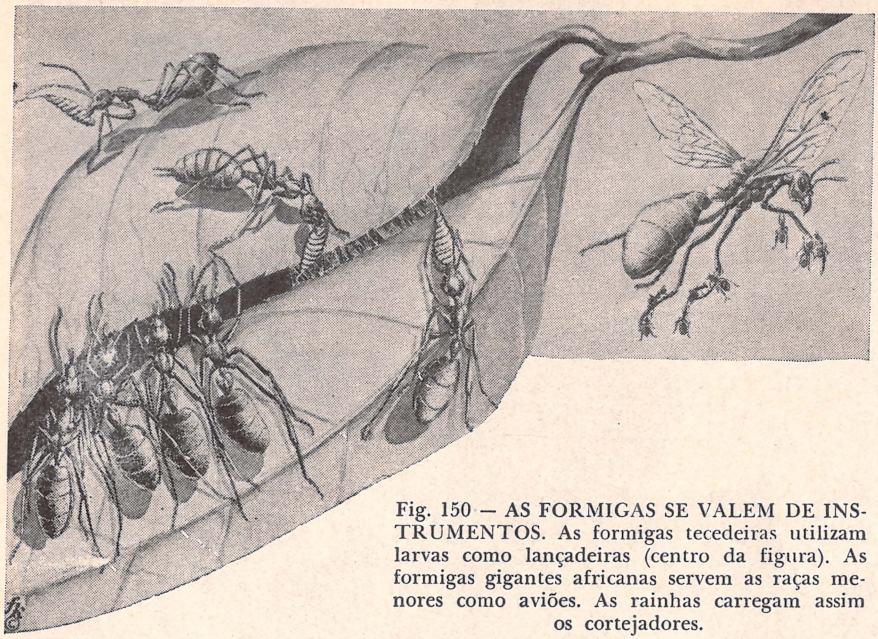


Fig. 150 — AS FORMIGAS SE VALEM DE INSTRUMENTOS. As formigas tecedeiras utilizam larvas como lançadeiras (centro da figura). As formigas gigantes africanas servem as raças menores como aviões. As rainhas carregam assim os cortejadores.

ocorrem apenas em certos insetos, particularmente as térmites. As formigas e as abelhas constituem sociedades em que os indivíduos se especializam em determinadas atividades, a ponto de sofrerem alterações no aspecto físico, e em medida tão ampla que, isoladamente, êsses indivíduos se tornam ineptos para a vida, ligados que são, como as células do corpo, ao "todo". A abelha que voa diante de nós não é um indivíduo; é uma operária numa sociedade de abelhas; e não se reproduz. Ou então é uma rainha que só vive enquanto as servas a alimentarem.

A constituição da sociedade de insetos funda-se numa fêmea que põe ovos. De todos os membros da sociedade só ela tem essa faculdade: é a rainha, fecundada por vários portadores de sêmen: os zângãos. Êstes não têm outra tarefa senão enxamear com a rainha e perecer depois da fecundação, na "batalha dos zângãos". A grande massa das abelhas produtoras de mel, que são assexuadas, denominam-se "operárias". Para as caracterizar pela sua assexualidade e pela sua posição excepcional no trabalho, apliquemos a essas abelhas a denominação de "robots", autômatos. A rainha, portadora dos ovos, é naturalmente graúda, tão possante em muitas espécies de formigas, que carrega os machos no ar (Fig. 152). Como tem de fornecer, sòzinha, uma sociedade inteira, guarda o sêmen obtido numa bólsa onde êle pode conservar-se fresco e vital pelo espaço de vinte anos. A rainha procura um lugar onde possa abrir uma cova; ali começa a tarefa da desova. Enquanto

dispõe de sêmen, vai fecundando os ovos e produzindo "operárias". Estas lhe erigem um castelo e nêle lhe reservam um aposento onde a alimentam enquanto ela põe ovos sem interrupção. As operárias consagram-se à criação dos novos "robots", constroem mais e mais "compartimentos para crianças" e acumulam mantimentos. Esgotado o sêmen, chega a hora doutro vôo nupcial, para obter nova provisão; em conseqüência, dos ovos não fecundados nascem lògicamente machos. Esta comutação requintada, ovos fecundados, abelhas operárias assexuais, ovos não fecundados, zângãos, permite a conservação da sociedade de abelhas obreiras, assexuadas e frugais, bem como a sua oportuna renovação. Entre as térmites, tão semelhantes às formigas — não são, no entanto, suas parentas, mas insetos antiquíssimos, da família das baratas — a vida da sociedade é governada por um hormônio. Enquanto se mantém apta para reinar, a rainha segrega um hormônio sexual que impede nos filhotes o desenvolvimento de órgãos genitais, o que os torna eunucos assexuados, não sujeitos a nenhuma excitação revolucionária. Cessando, porém, a produção do hormônio, os filhotes nascem perfeitos e formam uma geração insofrida, ativa, fecunda, que dá origem a uma nova sociedade.

Compreende-se que a descoberta da sociedade dos insetos haja despertado tamanha admiração e que até os poetas lhe tenham dedicado livros. Do ponto de vista moral, porém, o enxame é uma forma de sociedade abominável, fundada no trabalho, na especialização, na servidão monótona a um todo imaginário. A liberdade individual, as emoções pessoais, o amor, são coisas que não existem. A fita da máquina de pôr ovos: a rainha, entronizada no seu aposento e nutrida dia e noite pelas mucamas, fornece sem interrupção a descendência que as amas azafamadas vão alojando em creches. Mal as jovens formigas emergem das crisálidas, ei-las acometidas da febre geral de trabalho, correndo, do primeiro ao último instante da sua existência, de lá para cá, de cá para lá, como as outras e como se tivessem, atrás de si, um feitor de cativos, armado de chicote. Obrigadas a encher o estômago de má comida, achada em qualquer parte, chegando à casa devolvem o mingau meio digerido, para a criação de novos autômatos, pobres diabos como elas. Observe-se no tronco duma árvore a procissão ininterrupta das formigas, subindo e descendo. Não pára um segundo; e é difícil dizer por quem e por que gira ali essa correia de seis patas.

Aplica-se às formigas e às abelhas o que às vêzes nos sucede ler num necrológio, como suposto elogio: "A sua vida foi esfôrço e trabalho"; ou: "Êle só conheceu o trabalho". Pobre do homem, que só conheceu o trabalho, que evidentemente, da manhã de segunda-feira à noite de sábado, não deitou um olhar ao sol e às flores, não sonhou com os prados, não passeou na floresta, não conversou na praia com as ondas! Pobre homem, que não se entregou a nenhuma divagação, não saboreou doces pecados, enquanto uma vida bem vivida — como a de Platão ou a de Horácio, a de Leonardo ou a de Rubens, a de

Byron ou a de Goethe — deveria ser uma fusão de trabalho e de prazer, de liberdade e de deveres, de serviço à coletividade e a nós próprios. "A sua vida foi só esfôrço e trabalho"... Pobre homem! Entre todos os filmes de animais, que nos exibem, o menos interessante é o da colmeia, sobretudo quando textos de moral prática o recomendam como o modêlo ideal para a organização da sociedade humana.

18) Cenas do formigueiro

Mais interessantes — poderíamos dizer: mais humanas — são as condições de vida no formigueiro, onde à monotonia do trabalho ainda se associa, em certa medida, a liberdade individual, e junto das virtudes puritanas da vida das abelhas — que lembram um seminário — se alinham ainda defeitos, deslizes e até autênticos vícios, como em todos os sítios amenos do mundo: Montmartre e Praça de São Marcos, "Graben" ou Trafalgar Square. Na figura 151, vemos, resumidas sumàriamente, algumas cenas da vida do formigueiro: Os ovos, postos pela rainha, ficam ao cuidado das "amas" (1). Organizam-se creches em diferentes alturas da construção, para ter ambientes uniformemente aquecidos, apesar das mudanças de temperatura (7 e 8). À luz do sol as crisálidas são levadas ao ar livre. Com céu nublado ou vento frio, recolhem-se ao interior. Como entre os homens, certas tribos são vegetarianas; outras vão à caça. Entre estas, as "formigas caçadoras" saem em colunas cerradas uns cem metros de distância, porque nessa extensão o terreno lhes é conhecido e não disputado. Segue-se um comando: "Enxamear!" As formigas dividem-se em tropas e exploram as cercanias. O tamanho dos adversários não as assusta. As formigas africanas caem sôbre os leopardos adormecidos, penetram-lhes fulmineamente nas aberturas do corpo, mordem-lhes as mucosas, injetam-lhes veneno. Ao têrmo de poucos dias, da fera vítima só restam a pele e o esqueleto. A respeito das formigas da América Central, narra-se que, certa noite, êsses insetos invadiram uma casa de campo fechada, fervilhante de baratas e saíram de tôdas as janelas e fendas com os insetos presos. Na manhã seguinte, quando a casa foi aberta, estava limpa: as formigas tinham feito, durante a noite, um serviço completo. A bela história das formigas que ajudavam o romeiro, no palácio do rei, a fazer o aparentemente impossível, como catar numa noite o milho semeado num campo, poderia ter um fundo de verdade. As formigas levam para o formigueiro não só prêsas mortas, mas também prisioneiros, insetos de tôda sorte: formigas, pulgões, besouros, larvas que depois têm de trabalhar para as conquistadoras — o princípio do estado militar. O estado normal entre as nações de formigas é a inimizade, embora elas sejam da mesma raça. Cada estado tem um "cheiro nacional" peculiar que lhe serve de passaporte. A formiga que exalar um cheiro estranho logo é estraçalhada; todavia, se conseguir penetrar num ninho, assim que lhe tomar o cheiro, será reconhecida

Fig. 151 — A VIDA NO FORMIGUEIRO (Explicação no texto).

como "pessoa da casa". Havendo necessidade de bom número de novas escravas, a tribo invade outro estado e furta-lhe crisálidas. Estas são introduzidas no próprio ninho e os animais saídos do envoltório e já com o cheiro peculiar dêsse ninho, são considerados membros do formigueiro. Não como "burguesas" e sim como "ilotas", obrigadas a servir a classe das senhoras. Estas se tornam tão preguiçosas que, às vêzes, desaprendem a comer. As mandíbulas se lhes transformam em sabres com que, nas suas incursões, traspassam a cabeça às guardiãs das crisálidas estranhas. As conquistadoras não comem; têm de ser alimentadas pelas escravas e, sem estas, morrem à míngua.

Nem sempre as fortes são as vitoriosas. Formiguinhas, às quais as grandes não podem seguir em seus corredores, insinuam-se nos ninhos das raças graúdas e vivem das reservas alimentícias das suas involuntárias hospedeiras. Tornando-se preguiçosas, degeneram às vêzes a ponto de serem irreconhecíveis. A grande formiga ruiva silvestre adota um método especial para fundar um novo formigueiro: invade o burgo das formigas pretas da madeira, mata a rainha, e põe os seus ovos na câmara de incubação da assassinada. As operárias assexuadas e, portanto, nada temperamentais, tomam o caso em boa paz e criam os filhos da usurpadora. Como as formigas obreiras já não têm rainha que põe ovos, o seu número diminui ràpidamente; mas a raça estranha multiplica-se, graças à criação dos seus filhos e finalmente se apossa do formigueiro.

Outra rainha, para se assenhorear dum trono, procede da maneira seguinte: enfia a cabeça no ninho alheio, o duma raça de formigas menores apanha uma operária, enterra-a num buraco e nêle a despedaça. Unge-se com a massa da vítima para lhe tomar o cheiro, volta ao ninho estranho e é aceita pelos "robots". Sendo maior e mais forte do que elas e dotada dos característicos de rainha, vê-se tratada como tal. Aos poucos, a nova rainha recobra o seu cheiro peculiar; o perfume duma rainha, naturalmente, é modelar para as "damas da côrte", que reputando "antiquado" o da sua legítima soberana, matam-na. Com isso, porém, determinam o seu próprio destino. Criam sòmente os filhos da rainha estrangeira e, como elas não podem multiplicar-se, a raça se extingue.

Uma terceira rainha recorre a processos mais requintados: depois da fecundação, corre às habitações doutra raça e finge-se morta. Acode logo uma operária e põe-se a apalpá-la. Quando enfia as antenas entre as da falsa defunta, esta a segura, até lhe comunicar o seu cheiro. A morta aparente, então, faz-se arrastar para o ninho. Ali repete a manobra e perfuma da mesma maneira um número cada vez maior de formigas. Adquirindo o aroma, estas aceitam a rainha; a nação renega assim a sua legítima soberana. Ainda outra rainha também se intromete num formigueiro estranho, visita a soberana, finge afagá-la, abocanha-lhe a garganta e refestela-se no leito real. A partir daí, as servas encarregam-se de tratá-la como rainha; e os seus ovos povoam o formigueiro alheio com a sua raça.

Das relações das formigas com os outros insetos, a mais conhecida é a que elas estabelecem com os pulgões. As formigas trepam nas árvores onde haja pulgões e sugam-lhes a seiva adocicada que êles furtaram à planta. Para que os pulgões larguem o suco, as formigas fazem-lhes cócegas. Se os pulgões não lhes derem bastante seiva, as formigas os carregam para outras plantas mais suculentas, o que é, em verdade, prova brilhante de inteligência. Em épocas de mau tempo, as formigas arrastam os pulgões ao formigueiro e, para lhes dar de comer, arranjam estábulos ao longo das raízes de determinados vegetais fornecedores de seiva doce (2).

Junto com os pulgões aprisionam certos besouros, cuja secreção é para as formigas uma guloseima refinada. Nesses besouros, se operam mutações interessantes no sentido de Lamarck. Nos pontos onde as formigas costumam lambê-los, nasce-lhes um penacho (4), pelo que são chamados besouros de topête. As patas, porém, atrofiam-se e os besouros deixam de correr. Querendo remover os besouros para outro lugar, as formigas têm de puxá-los pelas antenas e estas endurecem e curvam-se em gancho (5). Se o trajeto fôr muito longo, as formigas acomodam o besouro no lombo duma colega robusta, que o transporta.

Conhecem-se até hoje dois mil animais diferentes que moram, como estranhos, no meio das formigas; contam-se entre êles cem borboletas, a maioria das quais vive como lagarta nos formigueiros. Conforme o seu sabor, essas lagartas são tratadas como amigas ou inimigas. As lagartas de certas licenas, borboletas diurnas, são acolhidas com satisfação pelas formigas, que as arrastam ao formigueiro. A larva deixa-se levar e desenvolve até uma dobra de pele para as formigas a poderem agarrar. As larvas são alimentadas — nos formigueiros, não se conhecem sentimentalismos — até com a sua própria ninhada. Enquanto a lagarta devora as crisálidas que lhe são oferecidas, as formigas lhe lambem a secreção das glândulas. Para lhes facilitar essa tarefa, a lagarta chega a desenvolver têtas. Encasula-se depois num compartimento especial; e, quando surge como borboleta, as formigas a ajudam na *toilette,* até vê-la apta para voar. Muitas borboletas, porém, sem serem convidadas, põem os ovos à entrada do formigueiro, a fim de que as suas lagartas possam cevar-se nas crisálidas de formiga (Fig. 152, 1). Couraças resistentes protegem essas lagartas contra as formigas e permitem-lhes transformar-se, a coberto do perigo (2). Mas a borboleta, que evolve dessa lagarta, é vulnerável; e as formigas estão à espreita. A borboleta, porém, sai coberta dum pó pegajoso que a protege, gruda os olhos e dificulta o movimento das antenas da formiga (3).

A formiga que não é *êle* nem *ela* e sim um ser neutro, assexuado, é uma lutadora intrépida cujo orgulho consiste em chegar à casa carregada de troféus. Não alcançando a vitória, desiste de combater. Não foge, porém; à semelhança dos legionários romanos, prefere a morte ao opróbrio, e deixa-se abater sem resistência.

Muitas formigas são vegetarianas e, em vez de caçar, dedicam-se à agricultura. Cultivam hortas subterrâneas de cogumelos (Fig. 151, 8).

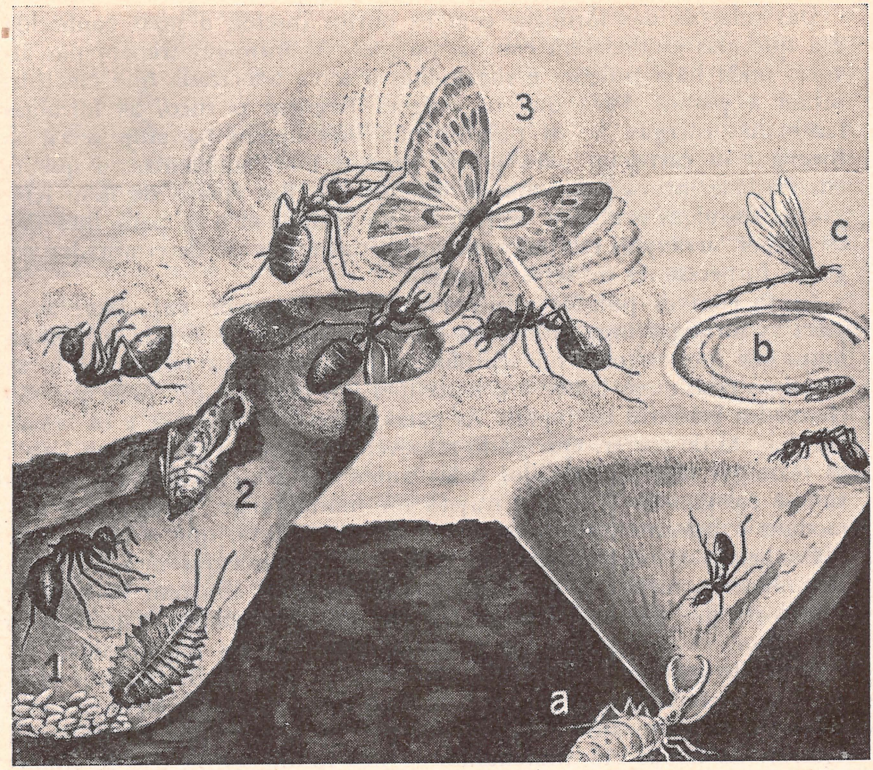


Fig. 152 — INIMIGOS DAS FORMIGAS. 1) Uma lagarta (encouraçada) alimenta-se de crisálidas. 2) A lagarta encasula-se perto da entrada do formigueiro. 3) A borboleta escapa a custo ao perigo das formigas que estão à espreita, mas pulveriza-as com pó pegajoso. À direita: vida da formiga-leão, que abre uma cova, cavada com exação matemática, a ponto de não poderem as formigas superar o ângulo de inclinação. *(a)* A formiga-leão, no fundo da cova que ela principia como um "círculo" *(b)* e abandona voando como "formiga donzela", depois de ter passado, comendo com voracidade, o seu estádio de larva.

Na fundação dum novo formigueiro, para terem à disposição as sementes da semeadura, a rainha as traz consigo no vôo nupcial e de instalação, não raro num órgão especial. Os cogumelos necessitam de adubo. Aonde o irá buscar a rainha? Ela aduba os espórios com os seus régios excrementos. Mas como eliminará excrementos, se ainda não tem o que comer? Por isso, devora noventa por cento das primeiras séries de ovos que põe. Os dez por cento restantes dão filhotes que, chegados à idade adulta, juntam fôlhas e agulhas de pinheiros. Essas fôlhas e agulhas, depois de mastigadas, são estendidas nos canteiros de cogumelos. As saúvas carregam pedaços tão grandes de fôlhas, que êles se lhes balançam acima da cabeça, como guarda-sóis (6). Talam de tal forma a folhagem, que as plantas sofrem. A colonização

de muitas regiões foi abandonada pela impossibilidade de exterminar as saúvas.

Ainda é admissível, e se enquadra no conjunto apresentado por elas, que as formigas cortem as fôlhas e as levem para casa como adubo. Absolutamente incompreensível, porém, se nos afigura o fato de certas plantas se defenderem das saúvas, aliciando outras formigas suas adversárias, através do oferecimento de casa e comida. Certas acácias sul-americanas esvaziam os seus acúleos, para alojar nêles essas formigas; e produzem, para as induzirem a vir e ficar, pequenos frutos ovais, ricos de albumina, de substâncias açucaradas e que, amadurecidos, rolam para dentro dessas cavidades. Observamos, pois, o seguinte encadeamento de fatos: uma formiga, a saúva, pratica a agricultura e tala a folhagem da acácia, com o fim de a converter em adubo. A acácia, para se defender dela, dedica-se à criação de gado, sustentando anti-saúvas. Uma planta sabe que se combatem formigas com formigas, cria aquartelamentos e cultiva nêles uma guarda do corpo contra as ladras!

Para as suas sementeiras, as formigas escolhem determinadas espécies de cogumelos; algumas são denominadas "devoradoras de couve-nabo", pois cultivam cogumelos parecidos com essa hortaliça. Nos trópicos, observaram-se plantações dêsses cogumelos até com seis metros de diâmetro, cujas plantas atingiam um pé de altura. Os canteiros, mantidos muito limpos, eram mondados das ervas daninhas, cabendo o trabalho da horta às formigas ainda incapazes para o serviço externo.

As formigas adoram o doce. Em algumas raças, as maiores são encurraladas em dispensas e cevadas com mel, até formarem bolas penduradas no teto do formigueiro (Fig. 151, 2). Quando é preciso, retira-se uma das bolas, fazem-lhe cócegas na goela, e a formiga vomita uma boa ração de mel. A fermentação do mel dá às formigas o hidromel embriagador. À semelhança do homem, do chimpanzé e do elefante — justamente os mais inteligentes dos mamíferos — a formiga, o mais inteligente dos insetos, gosta de bebidas alcoólicas. Assim como as nações humanas em tôdas as partes do mundo, assim as formigas aprenderam que os grãos de cevada, expostos ao calor úmido, produzem malte e que os lêvedos o transformam em álcool. As formigas arrastam os grãos ao formigueiro; acumulados em compartimentos especiais e umedecidos de saliva, êles fermentam e elas se embriagam com a beberagem espumante (9). Sim; há, entre as formigas, alcoólatras que, em vez de trabalhar, vivem na adega da cerveja, bebendo até se estatelarem no chão. A produção de álcool entre as formigas é um exemplo clássico dos paralelismos da natureza. As formigas fizeram cerveja, antes que os homens a produzissem; os homens produziram cerveja, antes de descobrirem a das formigas. À vista dêstes fatos, é lícito dizer que o fabrico de cerveja faz parte da "evolução" inevitável dos acontecimentos universais.

19) A linguagem dos insetos

Deixemos na alamêda do jardim uma môsca morta. Dentro em pouco, acode uma formiga, fareja, dá várias voltas à roda do inseto imóvel, e corre ao formigueiro. Regressa com uma "carregadora", e as duas se vão de novo, arrastando a môsca. Substituamos a môsca por um besouro morto e o exemplo repete-se. Aí, porém, a formiga volta com meia dúzia de carregadoras.

Se um amigo se aproximar da entrada do formigueiro, a guarda "grita" qualquer coisa, e, do fundo, vêm as formigas da "comissão de recepção". Se fôr um inimigo, soa o rebate, acode a "polícia" e o intruso é capturado.

Aparece um besouro dum clã inimigo. A guarda faz preparativos para a batalha. O besouro, porém, cochicha-lhe alguma coisa, impinge que vem como "amigo". É um traidor, como os estadistas gregos da antiguidade, Pausânias, Temístocles e outros muitos que abandonaram a pátria ingrata e se bandearam com o campo do inimigo figadal, o rei da Pérsia. O desertor é acolhido e, como todos os traidores, bem tratado a princípio. De que modo êle opera essa mudança de disposição nas formigas e o que êle atraiçoou, não sabemos.

Às vêzes observa-se um congresso (gravura 153). As formigas convergem de diferentes direções para um local aonde as precedeu a guarda, que revista os arredores e garante a segurança. A polícia isola a região; as participantes do congresso vão tomando os lugares que lhes são indicados; o centro fica livre para os oradores, e a assembléia passa à ordem do dia. Não sabemos como e o que as formigas têm a tratar. Mas também não continuará a ser segrêdo para quem se acostumou a "ouvir a relva crescer" e a registrar a presença dum eléctron. Gravaremos os debates do congresso das formigas; depois, comparando os "discursos" aos fatos que lhes sucederem, decifraremos a linguagem das formigas, como sucedeu com os hieróglifos dos egípcios e, ùltimamente, com a escrita dos súmeros. Na biblioteca dos zoólogos, aparecerão livros intitulados "Gramática do idioma das formigas" ou "Sôbre as diferenças dos dialetos das formigas da Europa Central".

A abelha orienta-se ao ar livre, mediante os seus olhos facetados. Vê o céu como um círculo dividido em oito setores que lhe dão o rumo e a posição do sol, isto é, a noção do tempo e do espaço (gravura 154). Ei-la regressando à colmeia, depois de descobrir uma campina florida. Como refere às outras abelhas o seu "achado"? Pousa num favo e põe-se a dançar. As abelhas acodem dos seus compartimentos, espreitam e seguem a camarada. Esta dança uma de duas danças diferentes. Uma delas, a dança de advertência, consiste em descrever a abelha uma volta dupla (de 1 a 5). Na outra — que von Frisch denominou "dança da cauda" — a abelha traça dois zeros e, subindo a linha central dos zeros, executa meneios com a parte posterior do corpo. A abelha é dotada duma glândula aromática e exala o cheiro das flôres donde acaba de voltar. Quando escolhe uma e quando a

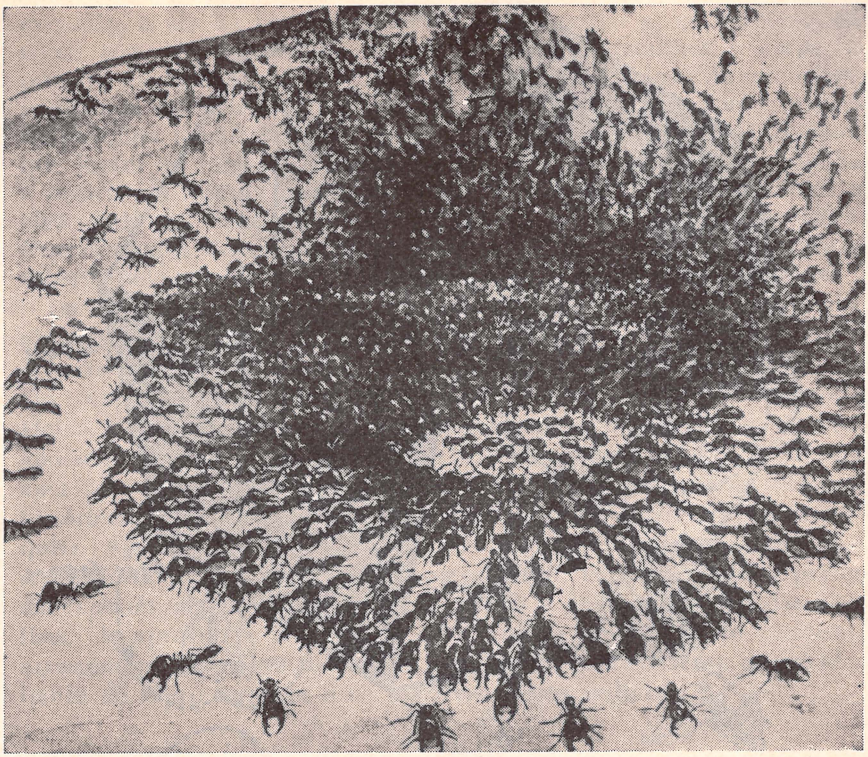


Fig. 153 — CONGRESSO DE FORMIGAS. Sôbre que versarão os debates? (Segundo Carreras).

outra das duas danças? A dança de advertência, quando a campina florida fica no máximo a uns cem metros. Sendo a distância maior, a abelha executa a dança da cauda. É uma prova surpreendente, diríamos quase espantosa, de raciocínio. Pelo perfume exalado durante a dança, as espectadoras sabem que espécie de flôres descobriu a colega. Ficam, pois, conhecendo a distância e a qualidade da descoberta. Mas em que direção está a campina? É o que lhes diz a bailarina, com a direção do eixo da sua dança da cauda. Compreende-se agora por que a abelha a escolhe para sítios distantes: porque lhe permite dar a direção com mais certeza do que a outra. Se o eixo estiver trinta e dois graus à esquerda da linha do sol, a campina estará trinta e dois graus à esquerda da reta colmeia-posição do sol. A abelha indica o eixo com tanta exação, que os desvios, em geral, não excedem de três graus.

As outras abelhas não ficam paradas a olhar; correm atrás da bailarina. Assim se familiarizam com a linha descrita pela dança e que equivale para elas à agulha da bússola. O homem que tivesse de se

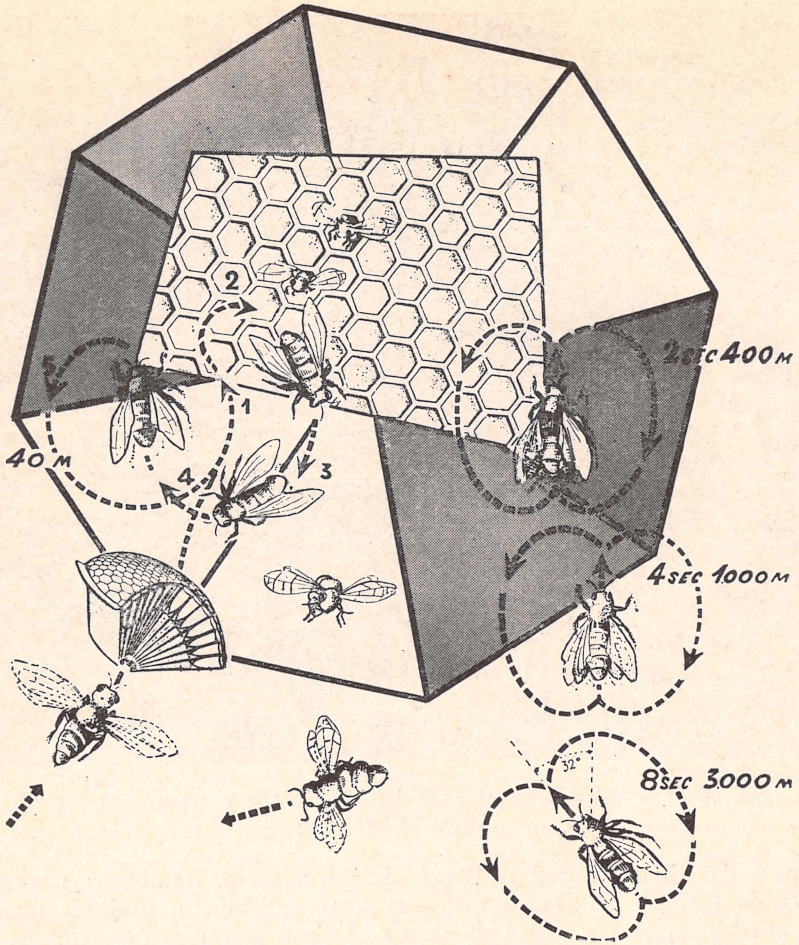


Fig. 154 — A LINGUAGEM DA ABELHA, UMA LINGUAGEM-DANÇA. À esquerda, a dança de advertência; à direita, a dança da cauda. (Das descrições de von Frisch).

orientar no escuro seguiria com a bússola o mesmo processo, tateando a direção, segundo o sentido e a distância do desvio da agulha da posição normal.

Mas isto ainda não é tudo. A abelha também comunica às camaradas a qualidade das flores, com a vivacidade da dança. Se a dança fôr animada, há muito mel a colhêr; um "andante" significará que a colheita é diminuta. Se, à guisa de experiência lhe apresentarmos um suco bem doce, a abelha dançará uma czarda; uma solução açucarada fraca lhe inspirará uma elegia. No caso de ser dançada a czarda, as outras abelhas saem aos magotes; sendo uma dança lenta, será pouco numeroso o grupo que se põe a caminho. No primeiro gênero de

excursão, a abelha bailarina precede as camaradas e, no percurso, dá sinais com a glândula dos aromas. Se lhe calafetarmos o corpo, o número das abelhas que a seguem se reduz a um décimo. As que acompanham a anunciadora regressam com o perfume e o conhecimento da campina descoberta por ela vão alertar outros grupos de abelhas, que levam ao mesmo sítio, pelos mesmos processos. Assim se espalha a notícia do descobrimento. Esgotada a campina em flor, diminui a vivacidade da dança e o número das componentes das excursões. Outras danças doutras abelhas apontam novos rumos, e o território coberto pelo vôo do povo da colmeia é explorado sistemàticamente.

Da linguagem das formigas, ainda por decifrar, diga-se a priori que ela deve ter um caráter absolutamente diverso; com efeito, vivendo debaixo da terra, as formigas pouco ou nada podem ver. As térmites são completamente cegas. Comunicam-se pelo tato, como a surdo-muda Helen Keller, e por meio de "trinados". Gesticulam com as antenas apoiadas no peito doutra formiga. Qualquer pessoa, embora leiga, está apta para fazer neste campo descobertas valiosas que podem tornar-se históricas, se aliar ao gasto necessário de paciência o talento para a pesquisa. Assim trabalharam Sprengel e o Padre Mendel. Embora não se descubra nada, o empenho não será inútil; compensam-no o prazer da experiência. Sugerindo-se a von Frisch a industrialização das abelhas, êle aprovou a idéia; mas, com espírito de verdadeiro cientista, acrescentou: "O prazer mais puro consiste no conhecimento adquirido, isento do sôpro terrestre dum aproveitamento utilitário".

Capítulo XII

ARACNÍDEOS E CRUSTÁCEOS

1) Os seis característicos dos aracnídeos

Os aracnídeos não são insetos, porque (Fig. 155):

1) Os aracnídeos não sofrem metamorfose acentuada; saem, pelo contrário, do ôvo já completos. Naturalmente não nascem com as dimensões do animal adulto; aparecem com o corpo mole, enchem-se de ar até ao dôbro do seu tamanho e ficam nessa forma inchada até endurecer-lhes a pele. Estão assim numa couraça maior do que êles, como as roupas que a mãe previdente compra ao colegial, calculando que êste vai crescer.

2) Os aracnídeos não apresentam os "entalhes" característicos dos insetos, que lhes dividem o corpo em três segmentos; os aracnídeos

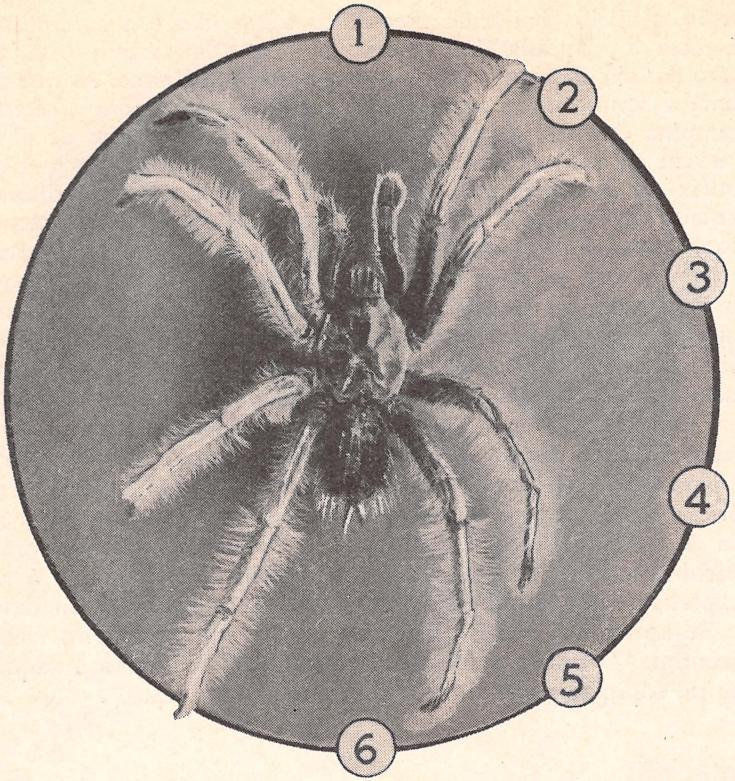


Fig. 155 — OS SEIS CARACTERÍSTICOS DO ARACNÍDEO.

constam de duas partes: a cabeça e o tórax formam uma delas; o abdome, a outra.

3) Os aracnídeos têm quatro pares de patas; os insetos, três; os crustáceos, cinco.

4) Os aracnídeos não têm olhos facetados. A aranha, que vigia a sua grande teia do fundo do esconderijo, precisa de instrumentos ópticos inteiramente diversos dos do inseto voador. Desenvolve uma bateria de oito olhos, dispostos de maneira que lhe permitem dominar um vasto campo visual; e, graças aos vários ângulos visivos e à óptica diferente, talvez lhe ofereçam uma imagem do espaço da qual o homem, com os seus dois olhos encovados e paralelos, não tem a mínima idéia. Imaginemos estar vendo o mundo, com oito olhos de aranha: dois no alto da cabeça, dois na testa, dois nas maçãs do rosto e um quarto par nos lábios. Trabalhar com uma cabeça artificial de aranha é, sem dúvida, um problema interessante que todo experimentador pode tentar, mesmo sem ser zoólogo.

5) Os aracnídeos não respiram só por "traquéias", mas também por brânquias adaptadas à vida em terra firme, indício de que descendem de animais aquáticos. A aranha nova tem oito brânquias que, mais tarde, se recolhem ao interior do corpo. É dêsse espaço branquial, denominado "pulmão-livro", em razão das membranas ou fôlhas das guelras, que os canais respiratórios chamados traquéias penetram no corpo.

6) Graças a certas glândulas especiais, o aracnídeo produz "fios". Os fios dos insetos novos, das lagartas por exemplo, são de saliva e endurecem no ar. Fiar fios torcidos, por meio de baterias de glândulas especiais é tão característico da aranha, que, no idioma germânico, é dessa função que lhe vem o nome.

2) A teia de aranha

A aranha é um dos exemplos que mais quadram às palavras de Goethe:

É finalidade de qualquer animal
nascer perfeito, do seio da natureza,
e criar filhos perfeitos.

A aranha sai do ôvo completa. E tem, inata, com a estrutura do corpo, a faculdade de fiar a sua teia. Tôda teia de aranha é, da primeira à última sempre a mesma, sempre perfeita, urdida com uma arte que não é a do inseto novo, mas poderia ser atribuída ao desejo da divindade, na sua excelsa sabedoria de nos dar a teia mais perfeita... se essa teia não fôsse uma armadilha cruel.

A aranha é a inventora dos nossos processos modernos de fiar sêda artificial. Espreme de mil glândulas, sob pressão, uma pasta plástica. Esta, ao contato do ar, se endurece em fios (Fig. 156). A aranha leva êsses fios pela fila de pentes das suas patas posteriores, isto é, pela carda, e torce-os num "cordel", o mais delgado dos fios fiados pela natureza: mil e quatrocentas vêzes mais fino do que um cabelo humano, razão por que é utilizado na "cruz de mira" do campo visual dos instrumentos ópticos. A diferença principal entre as várias espécies de fios consiste em serem êstes viscosos ou não. Ao fiar a sua teia, a aranha produz primeiro um modêlo de fios não pegajosos que servem de passadiços. Corre sôbre êles enquanto puxa, paralelos a êsses, os fios viscosos. Estendido o fio pegajoso, o animal com uma mordedura corta atrás de si o fio não pegajoso. E, para não ficar prêso, quando entra em contato com a nova teia — pelo movimento do vento, por exemplo — antes de iniciar o trabalho, unge as partes do seu corpo sujeitas a roçarem esta. Tirar-lhe êsse creme protetor é prejudicá-la positivamente.

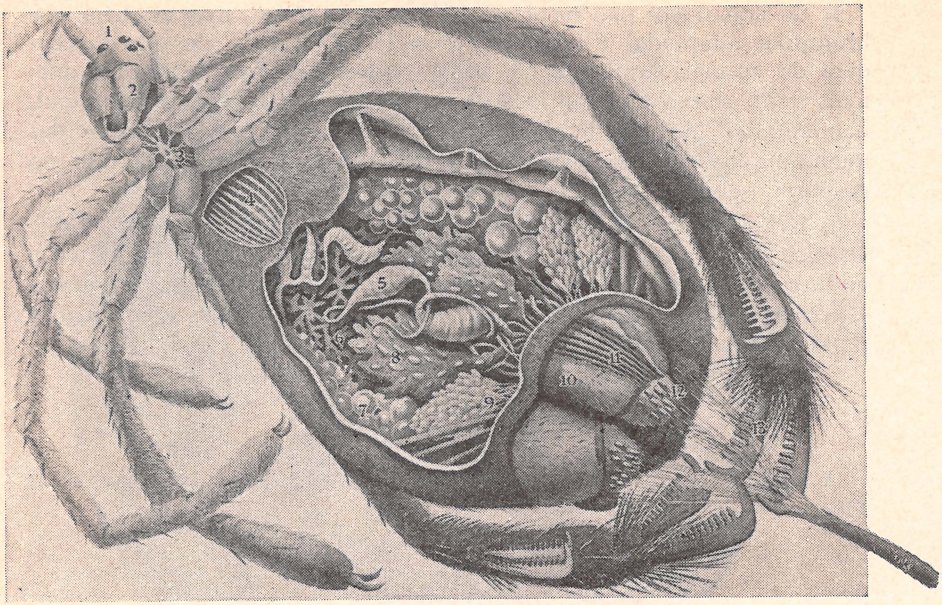


Fig. 156 — A ARANHA. 1) Olhos frontais. 2) Dentes do veneno. 3) Sistema nervoso. 4) Pulmão-livro. 5) Ovário. 6 a 9) Glândulas filíferas. 10) Fiandeira. 11) Fieiras. 12) Glândulas filíferas. 13) Pentes. 14) O fio.

As figuras 158 a 162 ilustram a construção duma teia circular simples. Postada num trampolim, a aranha esguicha um fio e retesa-o até fazê-lo chegar e colar-se ao ponto de apoio oposto escolhido por ela (1). Depois adianta-se prudentemente por êle, enrola-o à medida que avança, com mais e mais espiras, até dar-lhe a consistência desejada (2). Reforça os pontos de suspensão em placas de ancoragem, que em contraste com as demais partes da teia, não são elásticas (3). A partir daí, sempre arrastando após si um fio, a aranha vai dando a volta do espaço que preencherá com a teia. Traça assim o contôrno (4 a 8). Puxa em seguida os fios, tão tensos, que a teia pende no espaço como uma figura geométrica. A aranha avança então para o meio da primeira amarra e deixa-se cair. O fio de que pende, e que ela reforça, subindo e descendo por êle repetidas vêzes, é o eixo da futura teia (9). Chegando à extremidade inferior (10), a aranha reforça os fios e torna a subir — exatamente até ao meio, ao centro da futura figura geométrica, onde reforça a ligação (11). Lançado o diâmetro, começa a traçar os raios que serão os raios da teia. Deslizando de 11, por 12 a 13, a aranha conduz cautelosamente o fio urdido até aí, afastando-o do corpo com uma pata estendida. Depois de fixar o raio, a aranha corta a ponta do fio. Volta correndo ao centro, sem fiar (14, 5) e faz a mesma coisa em sentido inverso (16, 17). Neste vaivém, estende os fios na seqüência

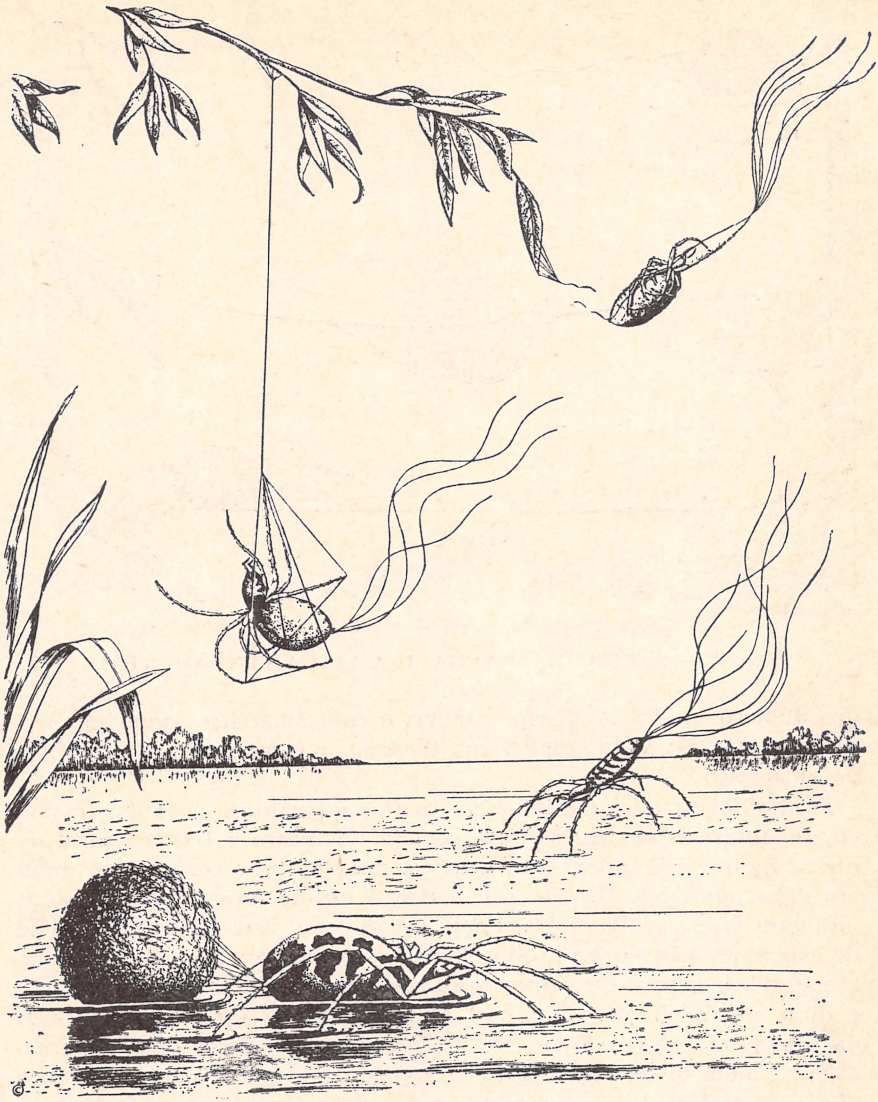


Fig. 157 — HABILIDADES AQUÁTICAS E AÉREAS DAS ARANHAS. As aranhas voam suspensas nos seus fios; navegam como se vê na figura; ou flutuam, com a sua bola de ovos, à superfície das águas.

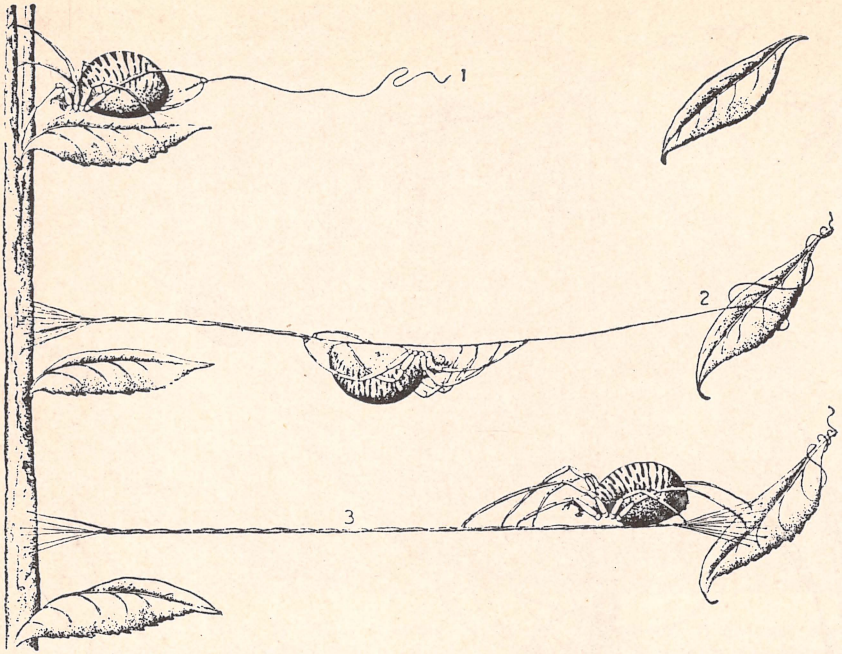


Fig. 158 — A TEIA DE ARANHA. I: A LINHA FUNDAMENTAL.

dos números de 18 a 28, em marchas e contramarchas, como um técnico preocupado com resguardar, durante a construção, o equilíbrio do arcabouço.

Estendidos os raios e eliminados os fios supérfluos, a aranha fia um círculo interior bem resistente e começa do centro a fiar a espiral de que a figura 161 apresenta o comêço, para mostrar como ela é prêsa aos raios por laços. De 29 a 61, a teia é urdida, exatamente como as mulheres fazem renda, até alcançar o contôrno. Está pronto o modêlo de armadura não viscosa, sôbre a qual a aranha anda ao tecer a teia-armadilha pegajosa. Os fios viscosos constam dum eixo de goma fluida e dum envoltório de albumina. A goma exsuda lentamente, através da albumina, mantendo os fios viscosos durante vários dias. A armadilha é, além disto, umedecida externamente com visgo, pelo produto duma terceira glândula — o visgo que a aranha fornece como cobertura lisa. Não se contenta com isso: depois de esticá-lo, puxa-o de leve, como o violinista às cordas para fazê-las vibrar. Então estala o revestimento que se aglomera em bôlhas, semeando os fios de pérolas viscosas, as quais, naturalmente, se conservam líquidas mais tempo do que uma superfície de espessura parelha. Entre os números 66 e 70, está indicado como a aranha estende os fios viscosos. Antes de tudo, mede a distância com as patas, e estica o fio com intervalos tão

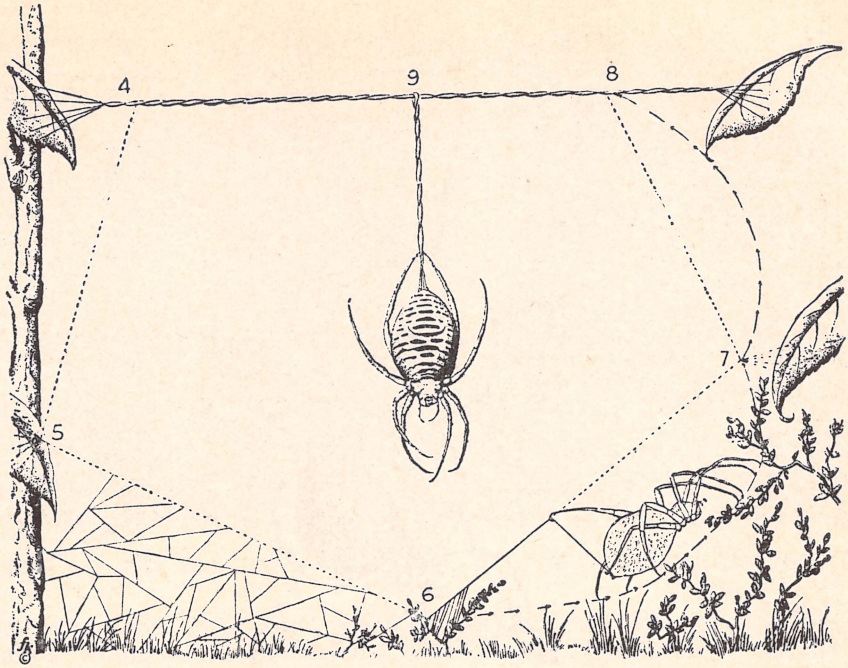


Fig. 159 — A TEIA DE ARANHA, II: O CONTÔRNO.

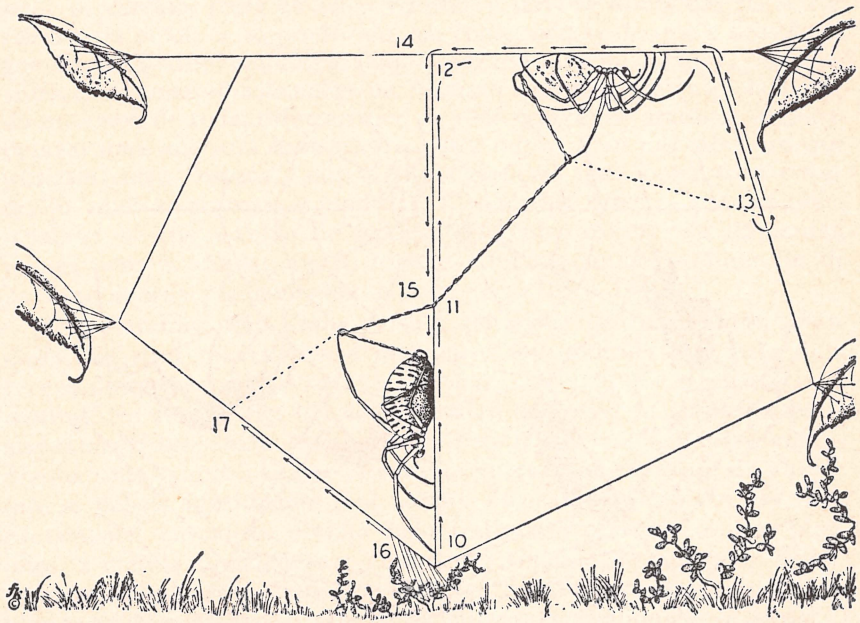


Fig. 160 — A TEIA DE ARANHA, III: OS RAIOS.

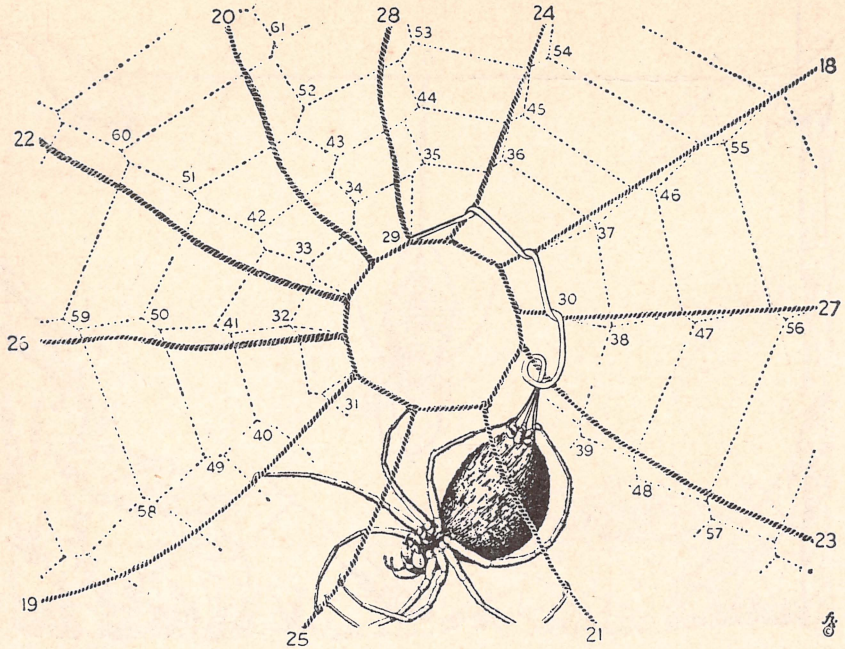


Fig. 161 — A TEIA DE ARANHA, IV: O PASSADIÇO EM ESPIRAL.

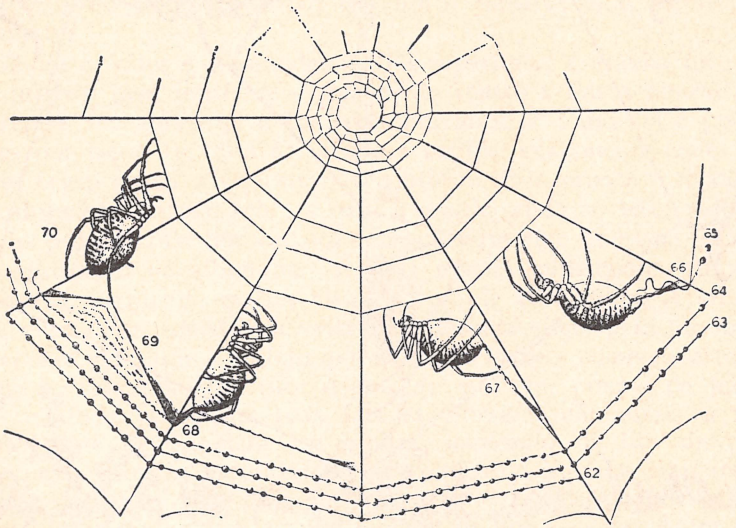


Fig. 162 — A TEIA DE ARANHA, V: A ESPIRAL VISCOSA.

Fig. 163 — AS ARANHAS LANÇARAM AS PRIMEIRAS PONTES PÊNSEIS.

iguais uns aos outros, que se diriam medidos com fita métrica. Delimita o campo, com movimentos estereotipados, mantendo os fios pegajosos longe do corpo, até alcançar o raio seguinte. Abandona aí o setor percorrido, passa ao setor vizinho, e serve-se duma das patas traseiras para puxar o fio produzido, em conseqüência do que a substância gomosa se distribui em bôlhas (69). Assim tece Aracne, a Parca, volta por volta, com monotonia de máquina. Ao tocar o centro, reforça a teia, tecendo um cubo de roda, característico de tôda espécie de aranhas. Algumas deixam uma abertura livre para o salto; outras fiam um tabuleiro que utilizam como "espera"; outras ainda trançam uma bôlsa para esconderijo, onde se entocam a espreitar. É supérfluo dizer — porque todos o sabem — que aranhas de espécies diferentes tecem teias diferentes: pontes pênseis, dúplas, funis, fojos e labirintos onde nenhum fio de Ariadne aponta piedosamente a saída (Fig. 163 e 164).

Muitas aranhas não ficam na teia; postam-se de parte, como pescadores, em sítio conveniente e mantêm a teia esticada por meio dum cordel, de modo que as malhas sejam mais largas do que o seu tamanho natural. No alto da fig. 165 vê-se, debaixo do corpo da aranha, a parte arrepanhada do cordão. Sucedendo cair no laço a môsca desprevenida, a aranha solta o anzol; os fios estendidos apertam-se em tôrno da vítima, que se debate inùtilmente (em baixo). Em saltos calculados, ou mais exatamente: em saltos ditados pelo instinto, sem roçar os fios pegajosos, a aranha precipita-se e enterra no abdome do inseto o "dente" do veneno, que tem efeito entorpecente instantâneo. A seguir, a aranha suga sôfregamente o sangue da vítima, esvaziando-lhe o corpo. O estômago cheio comprime um centro nervoso, e os reflexos provocam

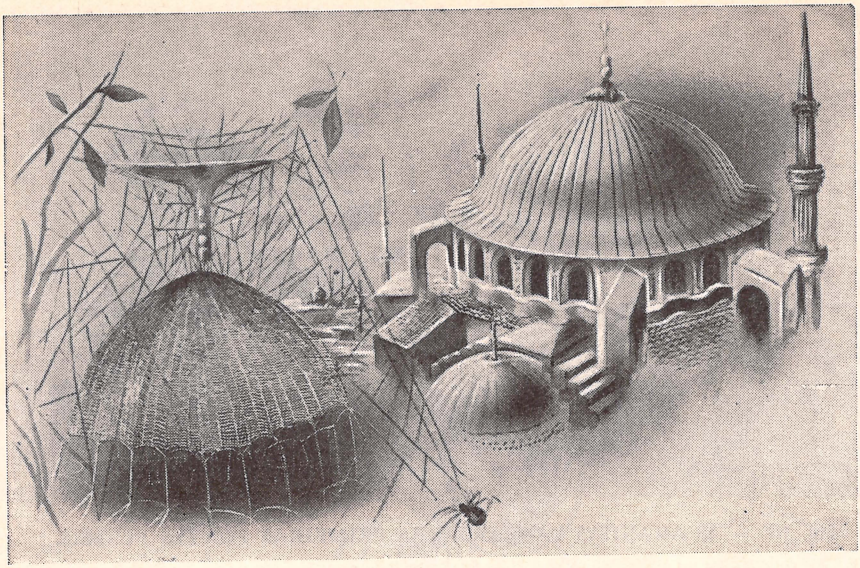


Fig. 164 — AS ARANHAS CONSTRUÍRAM AS PRIMEIRAS CÚPULAS.

nas glândulas da aranha outra ação: uma secreção gomosa, sob forma de fita larga, que vai servir de mortalha à môsca esgotada, (Fig. 166).

Com rápidos movimentos envolventes, o cadáver é enfaixado tal uma múmia e retirado da teia. Pendurado a certa altura — como a rês sem as vísceras no açougue — lá fica aguardando a vez de servir de alimento, em horas mais quietas. Tropeçar desprevenida, vibrante de alegria de viver à luz do sol, na teia traiçoeira; envisgar-se em fios pegajosos; perder a faculdade do movimento sob uma punhalada venenosa; ver-se agrilhoada, sugada viva por um monstro, com oito olhos de bruxa friamente cravados na vítima indefesa, depois enrolada em mortalha de múmia e pendurada num ramo como um enforcado... eis a sorte, o destino típico da prêsa da aranha. O aracnólogo inglês Compton calculou que, nos dias radiosos da primavera, quando os homens exclamam: "O mundo é belo!" no território da Grã-Bretanha dois milhões de insetos por segundo caem nas teias das aranhas. Eis o planêta em que vives, leitor.

3) A aranha aquática

Numerosas aranhas reverteram à água. Embora descendam de animais aquáticos e, na sua primeira idade, apresentem brânquias, a água é para elas elemento estranho; com efeito, para respirar, as aranhas — à semelhança do besouro aquático — têm de subir à superfície

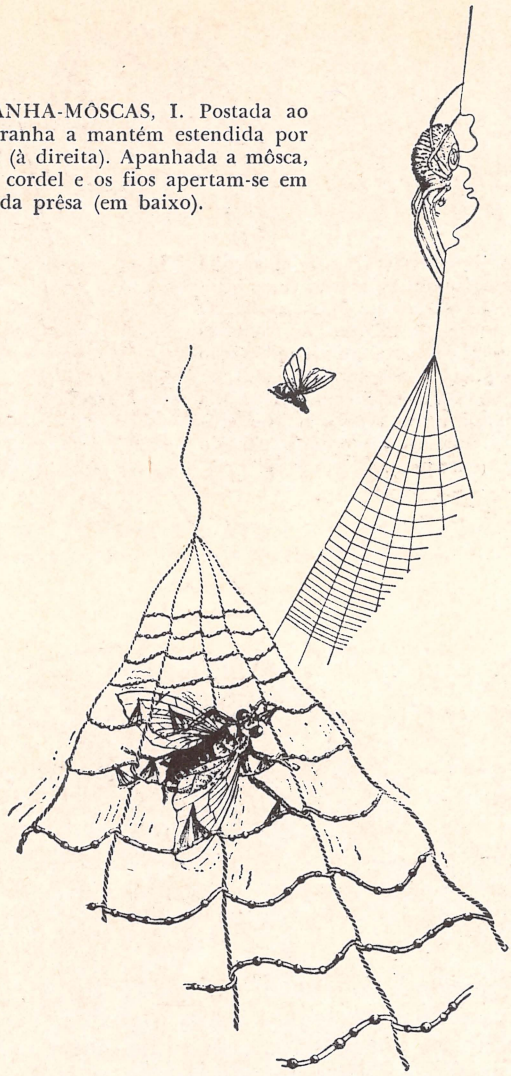


Fig. 165 — APANHA-MÔSCAS, I. Postada ao lado da teia, a aranha a mantém estendida por meio dum cordel (à direita). Apanhada a môsca, a aranha solta o cordel e os fios apertam-se em tôrno da prêsa (em baixo).

(Fig. 167a, I). Com o fim de limitar essas excursões "respiratórias", a aranha aquática leva para o fundo da água uma provisão de ar. Tece uma teia em forma de tenda, plana como um dossel, mais larga do que o espaço que tem de cobrir (2). Feito isto, a aranha sobe várias vêzes à tona da água, emerge, prende às fêlpas engraxadas bôlhas de ar (3), acumula-as entre as patas traseiras e mergulha (4). Enche a teia de ar (5) e vive debaixo da água, no seu castelo arejado (6 e 7). Se o ar não lhe sabe bem, a aranha sai, comprime a cúpula e expulsa-o (Fig.

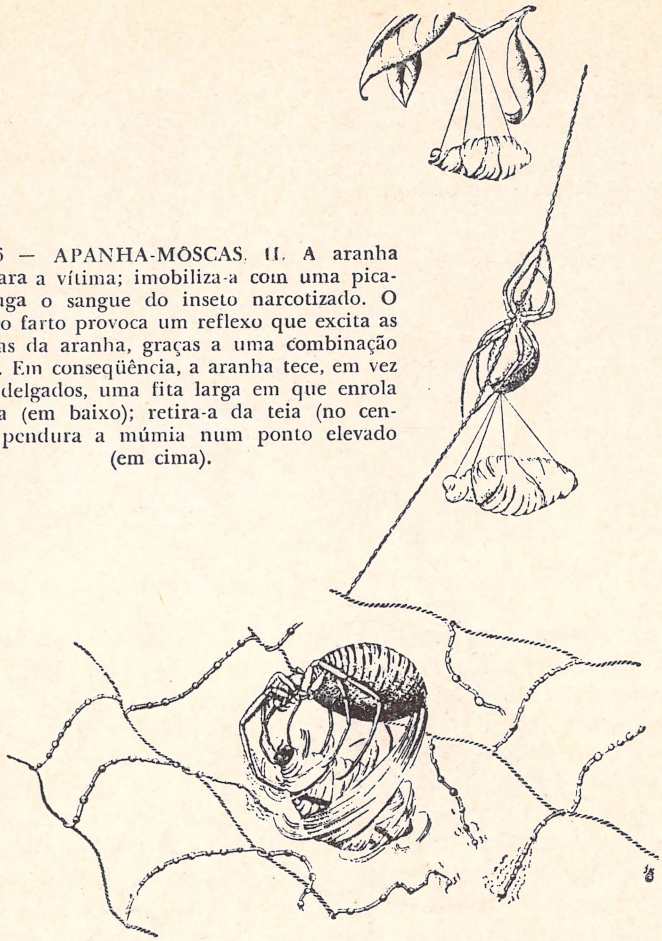


Fig. 166 — APANHA-MÔSCAS. II. A aranha corre para a vítima; imobiliza-a com uma picada e suga o sangue do inseto narcotizado. O estômago farto provoca um reflexo que excita as glândulas da aranha, graças a uma combinação especial. Em conseqüência, a aranha tece, em vez de fios delgados, uma fita larga em que enrola a vítima (em baixo); retira-a da teia (no centro); e pendura a múmia num ponto elevado (em cima).

167b, II, 8). Quando a aranha é *ela,* aparece-lhe um dia um cortejador (9). Se a ondina lhe agrada e não o enxota, o pretendente faz o ninho ali perto. Se *ela* mostrar, com aquiescência tácita, que é sensível ao galanteio, *êle* tece uma passagem e arromba (10) a parede divisória. Amar uma aranha figura entre as aventuras mais arriscadas dêste mundo. Ainda é possível o namôro à distância. Mas logo que o noivo se aproxima tangìvelmente, a situação torna-se crítica para êle, e obriga-o a hipnotizar a noiva com carícias aparentemente inofensivas. Mesmo assim, êle não pode arriscar-se a tomar posse da sua conquista pelos métodos usuais; cumpre-lhe recorrer a passes teleeróticos. Já antes de cortejar a eleita, o galã tece uma bôlsa onde verte o seu sêmen, que depois injeta na fêmea magnetizada, servindo-se para isto dum longo palpo em forma de colher; tapa-lhe em seguida a aber-

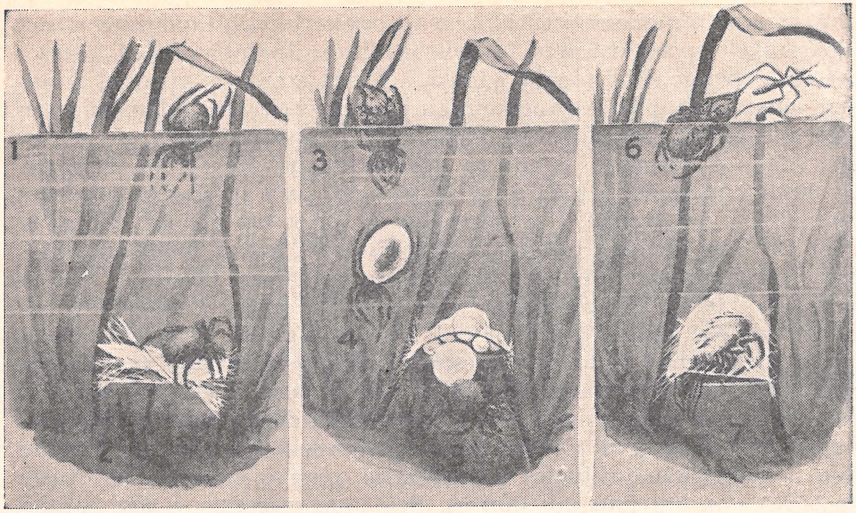


Fig. 167a — VIDA DA ARANHA AQUÁTICA, I. 1-2) Construção do ninho. 3-5) A aranha enche o ninho de ar. 6-7) À caça de prêsas.

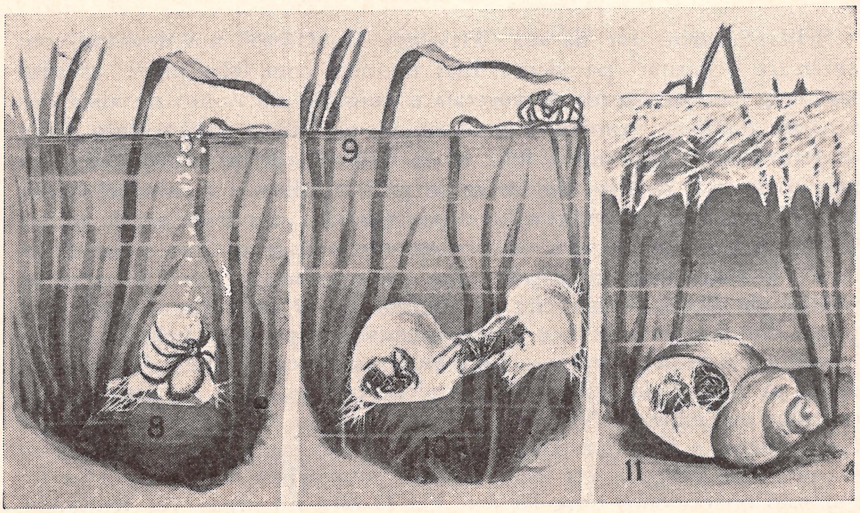


Fig. 167b — VIDA DA ARANHA AQUÁTICA, II. 8) Exaustão do ar do ninho. 9-10) As núpcias. 11) O sono invernal.

tura genital. Enquanto continua a segurá-la, a noiva permite a sua proximidade, porque a semi-hipnose perdura. A partir daí, é que sobrevém o perigo. Mal o galã a larga, a fêmea acorda e, tal qual a mulher convicta de que lhe "roubaram a honra", mostra-se indignada, procura envolver o ladrão da sua virtude. Sair disso com vida, ou ser esquartejado e devorado, é apenas questão de habilidade ou de sorte. Os machos recorrem a tôda sorte de truques, para aplacar os pendores canibalescos das fêmeas. Uns, seguindo os versos um e dois: "Chega-te à mulher com carinho; palavra: a conquistarás", levam "bombonnières" cujo envoltório tecido encerra uma môsca tentadora. Outros, a que se aplicam os versos três e quatro: "Mas quem fôr audaz e destemido talvez se saia até melhor", deitam um laço às patas da fêmea, de modo que o ato de amor se torna um estupro. O aracnídeo mais popular da América é uma pequena aranha preta que os moradores das casas e os passeantes procuram evitar, pois a mordedura dêsse bicho é venenosa. Apesar disto essa aranha é criada, porque os seus fios, particularmente finos e fortes, são utilizados na indústria, para o fabrico das "cruzes de mira" dos instrumentos ópticos. Pelo que se conta, a essa aranha não escapa nenhum macho. Ao têrmo de tôda noite nupcial, ela está viúva; chama-se justamente por isto "black widow", a "viúva preta".

4) Crustáceos

Brillat-Savarin, que na sua "Fisiologia do Gôsto" nos descreve com autêntico "charme" parisiense, mas também com frivolidade, as vantagens e inconvenientes de vegetais e animais, do ponto de vista dos prazeres da mesa, começaria mais ou menos assim um capítulo sôbre os crustáceos: "Que idéia feliz a do Criador, de presentear a nossa mesa com essas delícias encouraçadas para os olhos e o paladar! Como faz vir água à bôca o vermelho dessas iguarias, nas travessas de prata! Já pela vista, nos provoca veementemente o apetite. Que efeito decorativo o das crostas arqueadas, das pinças abertas e, entre estas, as rodelas de limão, à maneira de meias-luas! O trabalho de retirar a polpa dos seus esconderijos é amplamente compensado pela facilidade com que ela se deixa saborear; e o cheiro do oceano, que a impregnou, evoca as mais belas visões de mundos remotos, ante os nossos olhos cerrados em êxtase". Não difere disto o modo de pensar da maioria dos homens, acêrca dos crustáceos — o que é compreensível, pois essa maioria não chega a ver êsses animais submarinos sob outro aspecto. Quando enxergamos uma lagosta, ela já está no prato. Na realidade, os crustáceos são uma espécie de sêres rodeados do atrativo de numerosos segredos, tão escondidos como a sua polpa nas crostas. Estão entre os mais antigos dos animais maiores da história e têm provàvelmente a mesma origem que as aranhas. Ainda há dúvidas acêrca de terem êles sido outrora animais terrestres; em todo caso, muitos vivem na zona de transição entre a água e a terra. Um dos crustáceos

terrestres é o bicho-de-conta que só se encontra debaixo de pedras molhadas, ou em adegas, o que denota relações antigas com a água.

A blindagem do corpo atingiu o máximo entre os crustáceos, como na história da humanidade entre os cavaleiros das cruzadas (Fig. 168b). Os crustáceos estão de tal maneira encapsulados, que têm os olhos numa haste ou pedículo; e os seus movimentos são tão pesados como os dum guindaste. Já não é o caso de pensar em finalidade. Os crustáceos, animais de superestrutura, são por assim dizer uma criação obsoleta da natureza, à qual poderíamos bradar: "Despe a couraça, como a despiu o cavaleiro da história humana!" A polpa dos crustáceos é tão macia — e por êste motivo tão procurada pelos gastrônomos — porque os movimentos dêsses animais são pesados. Uma carne é tanto mais saborosa, quanto menos trabalhou. O bocado mais delicioso é a ostra, porque não se move absolutamente.

O único ponto vulnerável do crustáceo são as patas; em conseqüência, êle desenvolveu uma virtuosidade especial em desfazer-se delas, de maneira que o adversário, precipitado em blasonar do seu triunfo, apanha em vez do corpo do animal a magra prêsa duma pata. Narra um estudioso que um crustáceo, deitado por êle em algodão embebido em álcool, arremessou de si, duma só vez, as suas dez patas. Que mais restava a um pobre animal submetido a tão "humano tratamento" pelo "homo sapientissimus"! Foi o grito da criatura torturada, forçada a suportar em silêncio a sua dor, porque Deus não lhe deu voz para dizer o que sofre.

A couraça constrange o crustáceo a mudar de pele de tempos a tempos, como faz a libélula, a aranha e a serpente. Êle rebenta-a no dorso e sai rastejando através da fresta — o que é aparentemente um processo doloroso — abandonando, com a crosta, os dentes e a própria parede interna do estômago e do intestino. Muitos crustáceos se furtam a essa complicada renovação. Metem-se numa concha de caracol desocupada, de tamanho conveniente; ou comem um caracol de dentro da concha e lhe ocupam a casa vazia: procura de moradia e mudança no fundo do mar. Se o corpo mole está resguardado dentro da concha, na frente a porta fica escancarada; e o crustáceo não costuma oferecer um ponto fraco ao mundo. Que faz então? Passeando nas pradarias submarinas, passa em revista as actínias e arranca uma delas. Isto parece simples; é, pelo contrário, um fato notável, porque as actínias não se deixam arrancar como um cravo do canteiro do jardim; prendem-se ao solo, como o carvalho. Para desarraigar uma anêmona do mar, precisa-se de fôrça; e, não procedendo com jeito, é mais fácil parti-la em pedaços do que arrancá-la. Mas, puxada pelo crustáceo, ela cede como se fôsse musgo. Igualmente enigmático é o fato da actínia ficar instalada lealmente na concha de caracol. Poderia, no entanto, voltar a qualquer momento ao seu prado de urtigas.

Fig. 168a — O MUNDO DE FORMAS DOS CRUSTÁCEOS, I: CRUSTÁCEOS MENORES. Os grupos dos reinos animal e vegetal, flutuantes à superfície do mar, denominam-se planctos. No plancto, nadam numerosas espécies de sêres, desde as algas e as bactérias microscópicas (em baixo) até aos pequenos crustáceos visíveis a ôlho nu. Entre uns e outros, movem-se, mediante os flagelos, unicelulares flagelados. de várias espécies, que muitas vêzes ocupam posição intermediária entre o vegetal e o animal. Em condições normais, as células flutuam debaixo d'água; na figura, para uma demonstração mais nítida, emergem parcialmente. Entre os crustáceos menores, figura o conhecidíssimo pulgão aquático, empregado como pasto para peixes.

Fig. 168b — O MUNDO DE FORMAS DOS CRUSTÁCEOS, II: CRUSTÁCEOS MAIORES. Em baixo, um caranguejo das costas; acima dêle, uma lagosta; no alto, o caranguejo gigante japonês, da espécie das aranhas do mar, com um corpo que pode ter até setenta centímetros de comprimento, e cujos longos braços de pinças atingem, não raro, de três a cinco metros de envergadura.

Pois não volta; e, embora o sexo e Eros não desempenhem aí papel acasalador, entre "o salteador e a princesa" se estabelece uma aliança que se denominou matrimônio. O crustáceo fornece à actínia as sobras dos seus banquetes suculentos. Ela é, ao que parece, uma preciosa irmã de armas. Os próprios polvos hesitam em atacar o crustáceo que tenha em casa essa amazona de braços urticáceos. É uma aliança vitalícia. Mudando de moradia, o crustáceo leva a sua actínia; e ela, que dantes se diria acorrentada ao solo, segue o caranguejo como uma cadelinha acompanha o dono (Fig. 169). Sim; narra-se até que os caranguejos, lutando para salvar-se, desarraigam actínias e as estendem de encontro aos agressores, como o ilustra, em segundo plano, a figura. Neste caso também as actínias comumente tão sedentárias não se esquivam; correspondendo à esperança do crustáceo, os seus arpões venenosos chispam contra o adversário.

Ao que parece, mesmo no fundo do mar cavaleiros em belas armaduras se impõem ao mundo ambiente. Efetivamente, assim como as nossas meninas perdem a cabeça por uma farda, assim as actínias se deixam levar como hipnotizadas pelos crustáceos marciais. No reino animal, a "hipnose" é aparentemente um recurso preferido, para a consecução de "fins ilícitos". Já sabemos que a hipnose se torna necessária para amansar a aranha fêmea; aqui a tornamos a observar. O poder do crustáceo sôbre a actínia só se explica, admitindo que êle, com uma influência qualquer, enfraqueça o "tonus" vital dela. Talvez segregue substâncias hipnotizantes, como fazem notòriamente os peixes. Consta que serpentes hipnotizam pássaros de modo que êstes não só estaquem, fascinados, e se deixem tragar, mas vão até, segundo Schopenhauer, lançar-se espontâneamente à voragem da morte. Ainda que houvesse, nesta ou naquela narração, um exagêro, que não é o caso, isto não alteraria de modo nenhum o fato incontestável de dois sêres de espécies tão diferentes, como o crustáceo e a actínia, manterem no fundo do mar uma relação que, dado o nosso conceito atual da índole dos animais, nunca seria de esperar. O fato de que um animal com a actínia, sem cérebro para pensar, sem olhos para ver, ouvidos para ouvir e voz para se exprimir, quando um crustáceo a puxa, se desprende voluntàriamente da sua base e o reconhece como camarada, serve-o, luta e está pronta a morrer por êle, é fenômeno de tal ordem, que se nos afigura autêntica maravilha da vida, e nos induz a proclamar: "Não há animais inferiores e superiores, no sentido que atribuímos comumente a êstes adjetivos". Não há animais broncos. Uma actínia, no seu ambiente, é tão perfeita como o homem no dêle. Um crustáceo não escreve dissertações sôbre o livre-arbítrio; mas leva, no fundo do mar, uma vida mais rica provàvelmente de sentimento, de reflexão, de sensação e de aventura do que a do pescador das flotilhas suecas ou dos recifes de Massachusetts, que o arranca dos rochedos para colocá-lo num cêsto e metê-lo em talas. "a fim de que o bicho

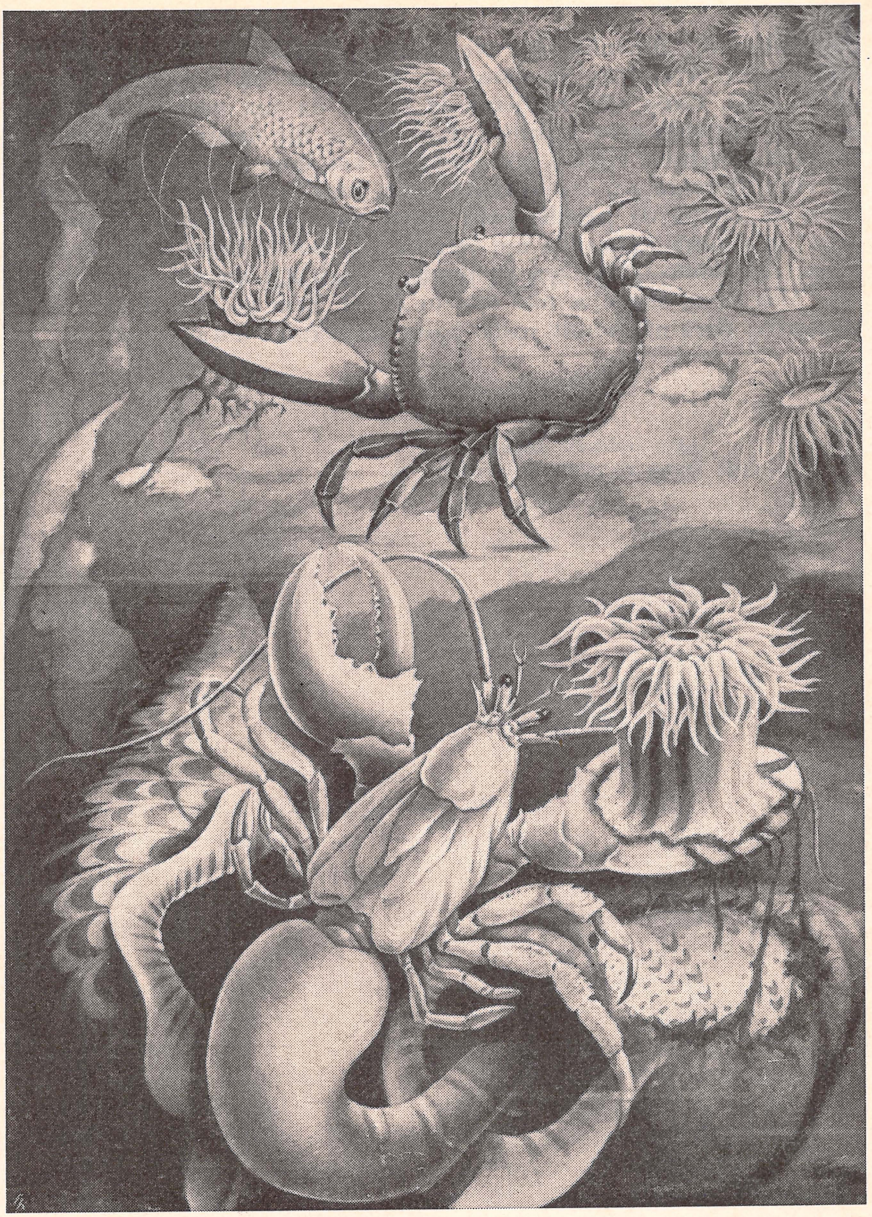


Fig. 169 — CRUSTÁCEOS E ACTÍNIAS. Embaixo: Um crustáceo muda de moradia e leva "sua" actínia. Em cima: um caranguejo lutando com um peixe, desarraigou duas actínias, que crivam de setas o adversário.

não belisque". Amanhã, êsse verdadeiro grão-senhor do mundo do coral estará em gêlo, exposto no mostrador da peixaria; depois de amanhã, como não há jeito de tirá-lo da sua couraça engenhosa, é arremessado vivo à panela. E ainda, se lhe dessem morte súbita na água fervente... Não; é pôsto ao fogo em água fria. Lembro-me de ter visto, durante um veraneio na praia, uma senhorita com uma das mãos na tampa da panela, para evitar que os "bichos pulassem da água", e a outra segurando um volume... de poesia lírica! Repreendi a moça, chamando-a "bárbara civilizada típica". Ela deu-me esta resposta: "Mas os caranguejos não sentem nada! Têm a casca dura". Sim, senhorita: para não sentir nada, basta ter a casca dura...

Terceira Parte

O ANIMAL VERTEBRADO

Formação, transformação,
Eterna diversão da mente eterna.

(Goethe)

Capítulo XIII

O PEIXE

1) A origem dos animais vertebrados — ainda obscura

"Todo princípio está envolto em trevas..." A origem histórica dos animais vertebrados é desconhecida; e, até hoje, também não se conseguiu estabelecer uma teoria convincente que esclareça a transição dos animais invertebrados para os animais vertebrados. À primeira vista, a dificuldade não se manifesta; afigura-se-nos natural deduzir que os vertebrados se originaram dos vermes. Realmente a organização do animal vertebrado mostra tantos paralelos com a do verme, que é difícil excluir a idéia duma origem comum. Na figura 119, vemos o verme e o homem, um ao lado do outro. Ambos dividem-se em segmentos e, no ser humano, subsistem ainda hoje vestígios dos órgãos segmentários que, através das suas membranas, filtram as impurezas dos segmentos. Mas aqui surge uma diferença que não encontra paralelo: se deitássemos os corpos horizontalmente, como é típico dos animais, nos insetos e nos vermes o sistema nervoso ficaria debaixo do tubo intestinal, no fundo do abdome; e, nos animais vertebrados, por cima do mesmo órgão, nas costas. A julgar pelas experiências da história da evolução é muito improvável que o segundo espécime derive do primeiro. Vemo-nos assim perante o fato de haver, dum lado, analogias "comprovantes" entre o vertebrado e o verme, e, por outro lado, contrastes categóricos. A tendência atual é, pois, para uma teoria de compromisso: o verme e o animal vertebrado descendem de antepassados comuns, pertencentes ao tipo dos equinodermos, isto é, à família de que fazem parte as astérias, as holotúrias e os ouriços-do-mar. Muitos eruditos não desdenharam discutir a possibilidade de terem os animais vertebrados antepassados comuns com os aracnídeos. Outros, para não renegar o parentesco dos vertebrados com os vermes, chegaram a formular a teoria extravagante de serem os animais vertebrados descendentes de vermes que nadavam de costas. Mas aí aparecem novas dificuldades. A origem dos animais vertebrados é uma das questões cuja solução, nós, os homens de hoje, tão bem sucedidos na solução de muitos outros problemas, devemos deixar à posteridade.

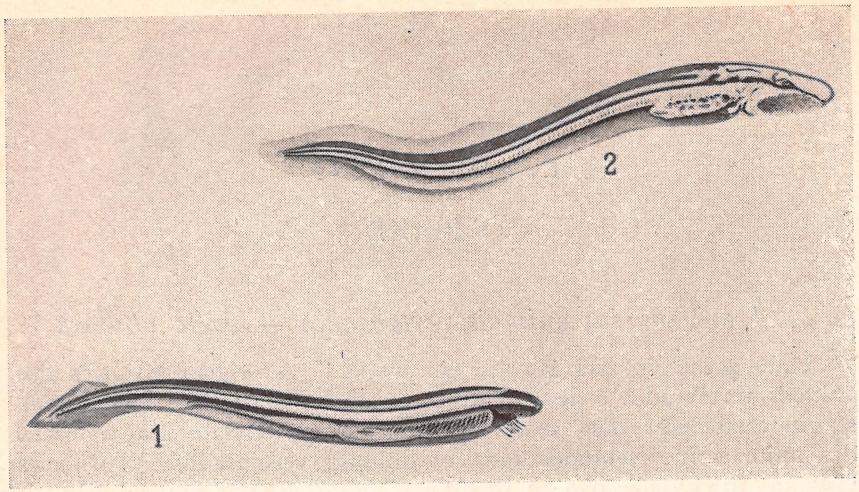


Fig. 170a — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DO ANIMAL VERTEBRADO, I. 1) Modêlo siluriano de há quatrocentos milhões de anos: animais vermiculares apresentam, ao longo do dorso, um eixo ou corda-dorsal; inventam assim o princípio da coluna vertebral (representante atual: o peixe lanceolado ou anfioxo). 2) Modêlo devoniano de há trezentos e cinqüenta milhões de anos: a corda-dorsal reforçou-se na extremidade anterior, formando cabeça e abrangendo a goela. A bôca ainda é redonda como a dos vermes, motivo por que êsses animais se denominam ciclóstomos (representante atual: a lampreia).

2) A primeira invenção que marcou época: um esqueleto de células vivas, e o conseqüente espécime 1 de animal vertebrado: o anfioxo

Nos areais da costa atlântica vive um animalzinho do comprimento dum dedo, denominado peixe, embora êle não seja ainda um "peixe", e fôsse mais acertado chamá-lo "verme". É o "Amphioxus lanceolatus" — *Amphi-oxus,* com duas pontas; *lanceolatus,* em forma de lancêta — porque não tem cabeça, e os seus dois extremos têm feitio de lancêta (Fig. 170a). Nenhum dos passeantes das praias tributaria o mínimo respeito a êsse animalzinho pouco vistoso; nem hesitaria em pisoteá-lo. Os cientistas, porém, falam dêle com o aprêço que os filósofos testemunham a Buda; e Haeckel, que esboçou a moderna árvore genealógica dos animais, chama-o "venerável antepassado animal da espécie humana".

O anfioxo é o espécime mais simples de animal vertebrado que se pode imaginar, embora também não se devesse chamar vertebrado, pois o seu esqueleto ainda não se divide em vértebras. Êle é, porém — seja-nos permitido dizer assim — o inventor da expressão "animal". Foi o primeiro dos animais maiores em apresentar o característico dos

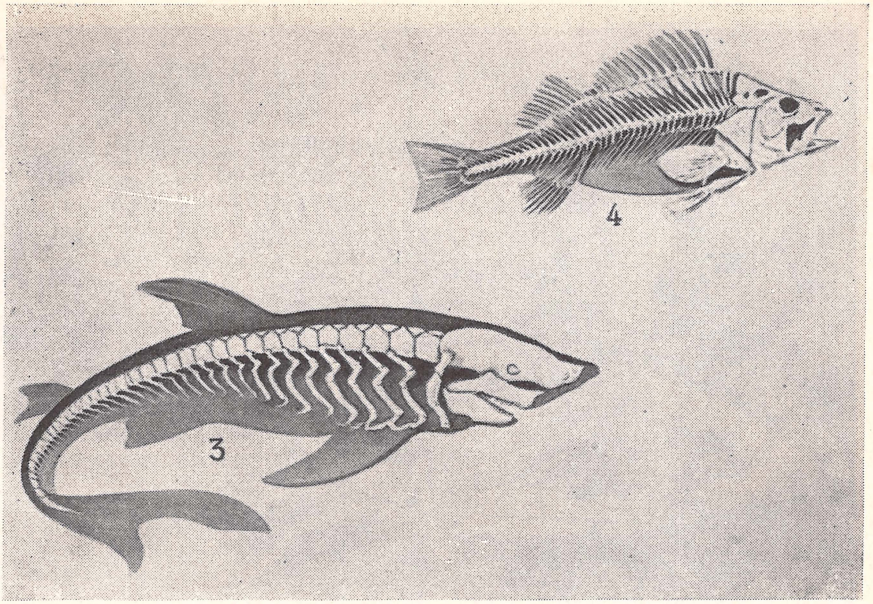


Fig. 170b — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DO ANIMAL VERTEBRADO, II. 3) Modêlo carbonífero de há trezentos milhões de anos: a corda-dorsal reforçou-se em cartilagem, articulou-se em coluna vertebral, desenvolveu apêndices para abranger as vísceras; amoldurou a bôca como mandíbula e encapsulou o cérebro, que se vem manifestando lentamente, como crânio (representante atual: o tubarão). 4) Modêlo permiano de há duzentos e cinqüenta milhões de anos: a cartilagem consolidou-se em osso e tôdas as partes se aperfeiçoaram, adelgaçando-se e estabilizando-se no esqueleto dos teleósteos — os "peixes ósseos" — que povoam atualmente as águas.

vertebrados: um esqueleto interno, composto de células vivas e, conseqüentemente, células que vivem com o corpo. Estende-se-lhe pelo corpo acima do intestino, como um cordão semelhante, nessa forma primitiva, a uma corda de violino. Vemo-lo como traço branco na figura 170a (1). Dá-se-lhe o nome de corda-dorsal. Dêsse cordão derivou mais tarde a coluna vertebral, donde pendem os órgãos internos, como os vestidos dos cabides. Os cabides em que se penduram os órgãos são membranas e denominam-se pleura e peritônio. A vantagem dum esqueleto interno, comparada à concha do caracol e dos foraminíferos, ou à couraça sólida dos insetos e dos crustáceos, é evidente: o animal encouraçado está encaixado na couraça como o cavaleiro medieval na armadura. A couraça sólida não cresce; ou cresce muito devagar; nos animais maiores, torna-se tão pesada, que os crustáceos, por exemplo, não conseguem elevar-se do solo. Não há insetos pesados, porque não poderiam voar com grandes couraças (Fig. 171). O osso, feito de massa porosa, tem o máximo de capacidade de suporte e o mínimo de pêso. Acompanha o crescimento do corpo mediante acréscimo por fora e redução por dentro, é plástico e maleável. A "invenção" do osso é,

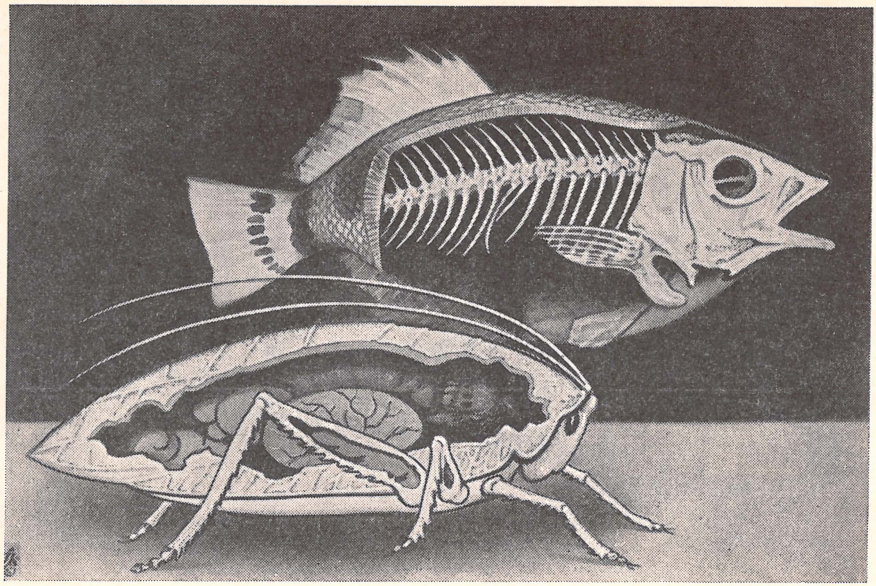


Fig. 171 — A DIFERENÇA FUNDAMENTAL ENTRE O INSETO E O ANIMAL VERTEBRADO. O inseto vive num esqueleto externo inanimado: a couraça. O animal vertebrado possui um esqueleto interno, que partilha a sua vida e é dividido em vértebras. Daí a denominação "animal vertebrado".

na história do reino animal, um dos acontecimentos mais significativos, corresponde à introdução do metal na história da técnica.

Acima da corda-dorsal estende-se um canal cuja parede contém células nervosas — o modêlo da medula espinal. Em animais de origem mais recente, êsse canal dilata-se na extremidade anterior para dar lugar a maior quantidade de células nervosas; origina-se assim uma bôlha de substância nervosa — o modêlo do cérebro. Sob a corda-dorsal, corre o canal digestivo e, debaixo dêste, em quarto lugar, está o canal circulatório que, em certo ponto, se alarga globularmente em coração. Na extremidade anterior do corpo, atrás da bôca, a veia põe-se em comunicação com o tubo intestinal. O animal engole água e expreme-a por uma série de frestas denominadas fendas branquiais, dispostas dos lados da goela. As paredes entre as fendas não são maciças; dividem-se em forma de penas, em cujas nervuras a artéria insinua as suas ramificações; entra assim em contato com a água expremida pelo animal, em tragos contínuos, pelas penas e extrai dela oxigênio. A êsse aparelho respiratório, característico dos peixes, dá-se o nome de brânquias. Uma das provas mais luminosas de ser o homem descendente de antepassados portadores de brânquias é a presença dessas fendas, apenas esboçadas em verdade, mas evidentes, no embrião humano

— o exemplo mais citado da perpetuação da biogênese através de milhões de séculos (Fig. 172).

Todos êstes órgãos: coluna vertebral, medula espinhal, brânquias, característicos do animal vertebrado, aparecem no anfioxo, em formas rudimentares. Repete-se, para o observador da natureza, a revelação do animal-cálice hidra: é como se alguém tivesse construído êste peixinho para apresentar a discípulos o modêlo do vertebrado primitivo; compreende-se, pois, o prestígio de que êle goza entre os zoólogos. Ignora-se a posição que o anfioxo ocupa na árvore genealógica animal. No princípio do século, Haeckel o chamou "estípite". Os grandes homens são arrojados, não os tolhem receios mesquinhos nem os assustam exceções. Êles sabem que todo o saber é uma obra composta por partes; estão, no fundo, penetrados tão ìntimamente e tão naturalmente do caráter problemático de todo conhecimento, que não esperdiçam muitas palavras sôbre a natureza ilusória da erudição. Sabem que a ciência é uma variedade da arte, arte de pensar. Cravando o olhar penetrante no âmago das coisas, o estudioso vê ali relações que os espíritos medíocres não percebem, de pura hesitação e pelo estôrvo dos seus contínuos "se" e "mas". É a diferença entre o artista e o artífice. Na construção duma casa, o trabalhador manual enxerga apenas paredes e o contra-mestre lida com o nível de bôlha de ar e verifica que os ângulos sejam realmente de noventa graus. O arquiteto, porém, só de observar de longe a obra em andamento já vê aqui um teatro, acolá a escadaria majestosa, flanqueada de grandes candelabros. Além, os painéis de espelhos, o "foyer" com piso de mármore; e, nesse interior suntuoso, a multidão festiva premendo-se nos salões, para assistir à inauguração e admirar o monumento. Haeckel, o tipo de pesquisador dotado de intuição artística, viu no anfioxo o estípite

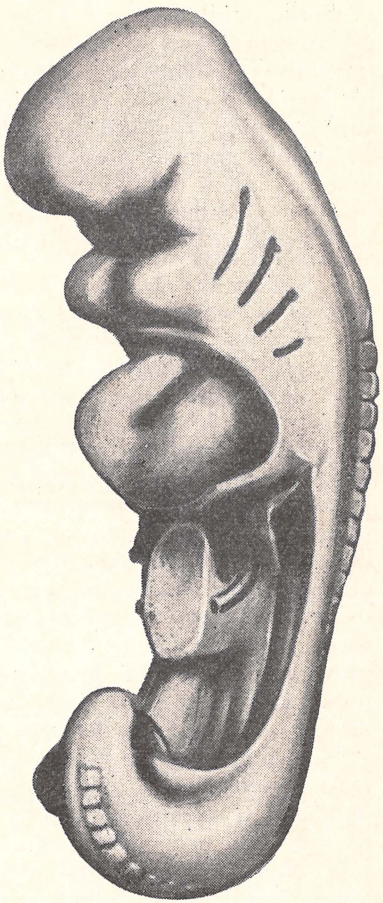


Fig. 172 — EMBRIÃO HUMANO — com fendas branquiais que autorizam a hipótese de descender o homem de antepassados dotados de brânquias.

dos animais vertebrados, pois não podia conceber que uma criatura, pudesse degenerar, por atrofia, justamente na forma primitiva, por assim dizer matemática, de "animal vertebrado". O ambiente já *a priori,* na proporção de 90 % hostil ao biologista, pelas suas concepções geniais e pelas suas hipóteses ousadas, esmiuçava e criticava a teoria, teimando em atirar o anfioxo a uma linha colateral da árvore genealógica, ou em degradá-lo a organismo atrofiado. Hoje, e justamente em escritos de zoólogos esclarecidos, lemos que o anfioxo deve ser apontado como o verdadeiro tronco dessa árvore; assim evolve, no vaivém típico, a espiral do conhecimento, em tôrno da idéia assentada: "o anfioxo pode ser o estípite dos vertebrados". Assim como se esconde hoje nas areias úmidas do litoral do Atlântico, assim poderia ser visto outrora o animal que — não os assuste o número! — há seiscentos milhões de anos, foi o primeiro vertebrado.

3) Segunda invenção sensacional: a cartilagem, material de construção plástico, e o espécime 2 de animal vertebrado: a lampreia

Como se quisesse ilustrar-nos com exemplos típicos a história da evolução, a natureza conserva, além do anfioxo, alguns modelos de animais primitivos, encontradiços igualmente em lugares acessíveis. Há cem anos, apareceu uma obra que se tornou clássica e na qual o autor descreve a vida amorosa dos animais vermiculares de organização rudimentar que povoavam um pequeno curso de água de Berlim, tão insignificante, que os próprios habitantes da cidade quase o conhecem só de nome: o Panke. O fato de viverem na água doce peixes antiqüíssimos, das épocas primitivas dos animais vertebrados, é digno de nota e corrobora a teoria de que os peixes do mar descendem de peixes de água doce, e êstes derivam possìvelmente de animais terrestres. Até 1900, vigorava, como evidência indiscutível, a teoria de serem os animais vertebrados oriundos do mar; como o narra, aliás, a mitologia: Tihâmat, o Tehóm da Bíblia, o mar primitivo, é a fonte primordial da vida. No nosso século de adaptação a novas teses elevaram-se, porém, objeções importantes contra a doutrina tradicionalmente consagrada. Enquanto os polvos e as medusas são autênticos animais marinhos e têm o corpo embebido de água do mar, os embriões dos peixes, sob a influência da biogênese, apresentam rins de água doce. Para os peixes, a água salgada é veneno. Contra ela êles se calafetam hermèticamente com as escamas ou com mucilagem. Privados da camada protetora, perecem intoxicados pela água do mar. Se removermos o visgo do corpo da enguia, em água salgada ela morre, mas continua a viver em água doce. Passa a vida alternadamente entre uma e outra: na época da desova, as enguias descem ao fundo do oceano; para o amor, porém, as enguias maduras procuram, à semelhança dos salmões, a água doce dos rios; e nadam tão longe rio acima quanto lhes seja

possível; não raro, saem do rio para os prados úmidos, estendem pontes de animais molhados sôbre os trechos secos e são encontradas em calhas e pipas de água. Essa peregrinação denota uma origem terrestre; em conseqüência, estudando a anatomia e a biologia dos animais, nos defrontamos contìnuamente com novos enigmas da história.

Aos animais marinhos que procuram a água doce, tomados por assim dizer de nostalgia, e penetram tão longe quanto possível nos próprios cursos de água mais insignificantes: os "Pankes", pertencem os ciclóstomos cujo espécime mais conhecido é a lampreia (Fig. 170a, 2) chamada em alemão "nove olhos", embora não tenha nove olhos e sim apenas dois, como todos os animais vertebrados. Recebeu essa denominação pelas sete aberturas das brânquias que apresenta lateralmente. Em cada lado do corpo, sete orifícios branquiais, uma narina e um ôlho perfazem as nove aberturas. Os numerosos orifícios são um característico arcaico, porque o seu número diminuiu no curso da história. Vista de frente, a lampreia apresenta, como os vermes, uma bôca circular sem mandíbulas. O oval escuro na cabeça (Fig. 170a, 2), cercado duma coroa de aguilhões, não é — como parece na figura — uma calva e sim uma bôca aberta, com o interior à mostra. Essa bôca circular é um perfeito aparelho de sucção. A coroa de ferrões crava-se na pele da vítima. Executando movimentos helicoidais, para que a bôca possa agarrar-se com firmeza, a lampreia suga ao adversário assim subjugado, por muito que êle se debata, a seiva e as fôrças. As lampreias atacam de preferência os peixes; e os danos que as suas incursões causam nos lagos, em viveiros de trutas e doutros peixes, são tão grandes, que o govêrno dos Estados Unidos teve de adotar medidas especiais para combatê-las. Incentivou-se o mercado, a fim de que, durante alguns anos, os pescadores fôssem estimulados a pegar lampreias, em vez de trutas. As lampreias também utilizam o seu aparelho de sucção, para se locomoverem, dando pequenos saltos e agarrando-se por sucção ao ponto visado. Conseguem assim nadar contra correntezas fortes e subir nas paredes dos açudes, de modo que nenhum obstáculo as detém. A lampreia é, de resto, o único animal vertebrado que se atém completamente a um sistema de vida parasitário — outro indício da sua antiguidade. Nela, a verdadeira natureza do animal vertebrado ainda não se implantou. A lampreia ainda vive à maneira dos vermes, seus presumíveis antepassados.

A lampreia nova parece-se tanto com o anfioxo que, no dizer dum zoólogo, bastaria multiplicar as células do anfioxo para têrmos diante de nós uma pequena lampreia. Seja como fôr, o parentesco entre os antepassados de ambos deve ter sido próximo. A lampreia conta, para a limpeza do corpo, com autênticos órgãos segmentários. Como nos vermes, tôda seção do corpo é purificada por um órgão próprio; todavia já se esboça aí o caminho para o rim do animal vertebrado. Ramificações venosas revestem o órgão segmentário e descarregam nêle os resíduos do sangue; eis como se originou o primeiro modêlo de

"corpúsculos" de Malpighi, o microscópico aparelho de filtração que forma o elemento ativo dos rins.

Enquanto o anfioxo tem o sangue aguado, incolor e quase sem glóbulos, os ciclóstomos apresentam glóbulos sanguíneos, matéria corante vermelha e, na corda-dorsal, como primeira "vértebra", fragmentos cartilaginosos. Aparece assim, após a matéria mole, filamentosa da corda-dorsal, o segundo modêlo de substância-suporte, a cartilagem que mais tarde se consolidaria em osso. Tecido fibroso, cartilagem, osso; eis os três materiais ou — como também poderíamos dizer — os três degraus na história da evolução do esqueleto, razão por que a classe dos peixes se divide em protovertebrados, peixes cartilaginosos, e peixes ósseos.

4) Terceiro grande invento: o músculo acionado por pilha voltaica, e o espécime 3 de animal vertebrado: o teleósteo ou peixe ósseo

Simultâneamente com os ossos, aparecem músculos de dimensões até aí desconhecidas. Os animais invertebrados também desenvolveram músculos, e a suma parecença dêstes com os dos vertebrados nos oferece um belo exemplo de paralelismo; todavia, os músculos dos invertebrados não passam de pequenos feixes. Só o peixe gerou, para movimentar os seus ossos graúdos, os músculos compactos a que damos o nome de carne. Data dessa fase da história a invenção da carne. A carne de peixe é notòriamente uma massa branca, sujeita a decompor-se com facilidade e na qual ainda se distingue nìtidamente a composição de plaquetas e feixes fibrosos. Nos vertebrados terrestres, os músculos aperfeiçoam-se; com efeito, em terra, o animal precisa naturalmente de energias essencialmente superiores, para se suster e para os movimentos. Em conseqüência, a verdadeira carne, a vermelha, só aparece entre os vertebrados terrestres. Além disto, o ambiente úmido e salino da água é, aparentemente, mais favorável do que o ar sêco da terra, aos músculos que funcionam com energia elétrica, de modo que os peixes conseguem os mesmos resultados com uma quantidade muito menor de substância muscular.

A fibra muscular é uma organização do plasma, com função baseada no mesmo princípio que o da ameba ambulante da figura 71. Coagula-se uma substância que se encontra em solução; ela dilata-se. Revertendo ao estado de solução, contrai-se. Êste movimento, insignificante na fibra isolada, perfaz graças à entrosagem sucessiva de centenas de milhares de plaquetas, os grandes movimentos executados pelo braço do homem ou pela asa da ave. O estímulo para a dissolução e a coagulação, que se operam sucessivamente em frações de segundo, parte do cérebro cujos feixes nervosos terminam com eléctrodos nas fibras musculares (Fig. 173).

Com a contração do músculo manifesta-se uma corrente elétrica, a corrente de ação. Ainda não se elucidou o papel que ela desempenha;

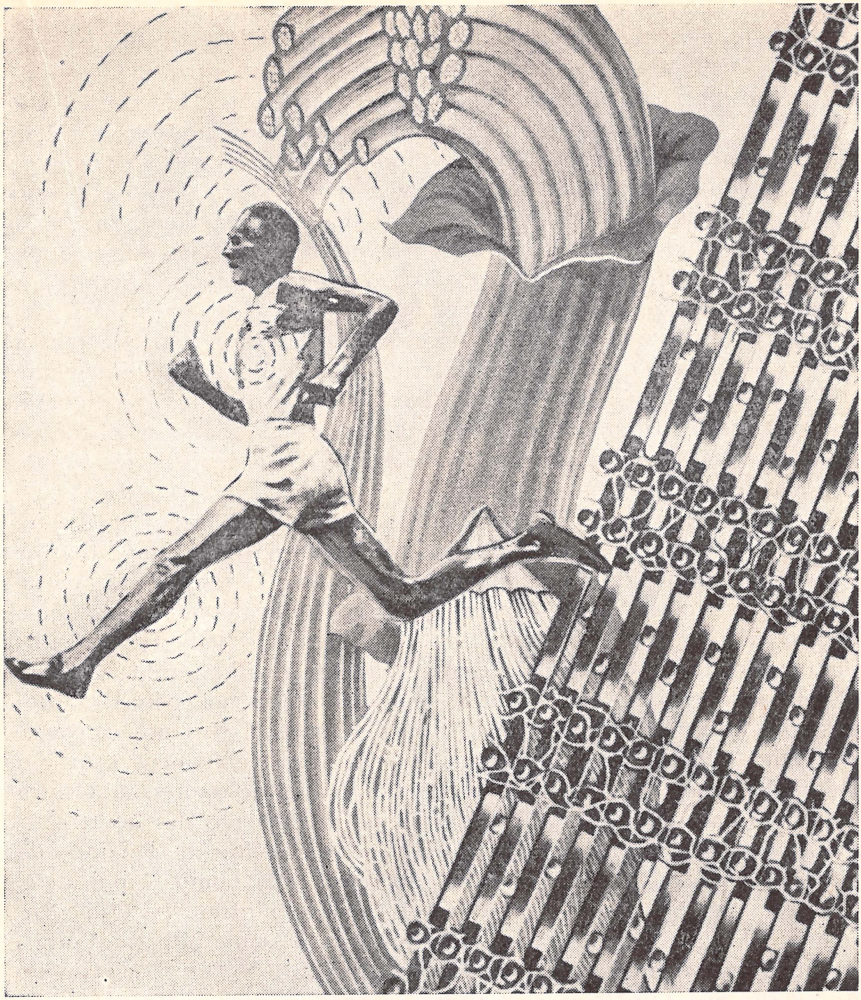


Fig. 173 — UMA DAS INVENÇÕES DO ANIMAL VERTEBRADO: A CARNE. À invenção do osso liga-se a da carne, chamada cientìficamente músculo. O elemento ativo do músculo é a fibra muscular (segundo plano) cuja dissolução e coagulação (cêrca de vinte vêzes num segundo) se operam evidentemente, sob o estímulo elétrico das fibras nervosas.

As fibras musculares agrupam-se em feixes (centro) e os feixes, em músculos (segundo plano). A contração do músculo dá lugar a correntes elétricas que se podem ler no coração como electrocardiograma e no cérebro — donde parte o impulso — como encefalograma.

fornece, porém, uma boa medida para a qualidade do trabalho muscular e é utilizada no electrocardiograma para o registro da capacidade de resistência do coração. Essa corrente não é fraca; em conseqüência, alguns peixes transformaram os seus músculos em órgãos elétricos. Desenvolveram largas chapas produtoras de escasso movimento, mas de muita eletricidade, com tensões que podem elevar-se a quinhentos *volts* (Fig. 174). Sendo a água do mar boa condutora, essa voltagem é uma dose assaz forte; com a sua descarga elétrica, as grandes raias, os gimnotos podem atordoar o próprio homem; quanto aos sêres menores, são fulminados sem mais.

Certos peixes, que até agora não se consideravam elétricos, têm à raiz da barbatana caudal órgãos elétricos que utilizam freqüentemente para "comunicações". Numerosos peixes nadam em formações, alinham-se com rapidez fulmínea, dispersam-se em grupos, como se obedecessem a comandos — são provàvelmente guiados por sinais desses órgãos, ou doutros análogos.

O órgão elétrico, criado por vários animais vertebrados marinhos, uns independentemente dos outros, é conhecido há mais tempo do que a pilha de Volta, com a qual tem semelhanças fraternais. Já Aristóteles se refere a êsse órgão. Ao construir a sua pilha, Volta denominou-a "órgão elétrico artificial", ao passo que o homem hodierno aprende, pelo contrário, a conhecer na escola primeiro a pilha voltaica, e vem depois a saber que êsse aparelho também existe nos peixes. É um exemplo notável da transformação do pensamento. Nós nos convertemos em "homines technici", uma espécie nova de homens com um modo de pensar muito diferente do dos seus antecessores. A técnica — até ao ano de 1500, ela nem existia no pensamento dos homens — é hoje para nós o arcabouço básico para armar definições. Partindo da técnica, dizemos: "O coração funciona como uma bomba", porque o conceito "bomba" nos é mais familiar do que a idéia "coração". Dizemos: "O ôlho é uma câmara escura; o músculo é uma pilha de Volta". Também esta incursão pelas concepções técnicas é, por certo, um modo de pensar que talvez caracterize apenas um ou dois milênios. O homem dum grau de cultura superior ao nosso e que, graças à solução dos problemas de mais importância, se tenha emancipado da mentalidade técnica, se valerá de conceitos de que nós hoje nem fazemos idéia, tanto quanto o homem medieval não lidou com idéias como fôrça de propulsão, resistência, corrente elétrica ou ondas. Têrmos consciência desta adaptação histórica do pensamento e da relatividade da nossa hodierna concepção do universo é para nós — que não estudamos zoologia, mas pretendemos conhecer a imagem moderna da natureza — vantagem adicional não menos importante do que o próprio fato.

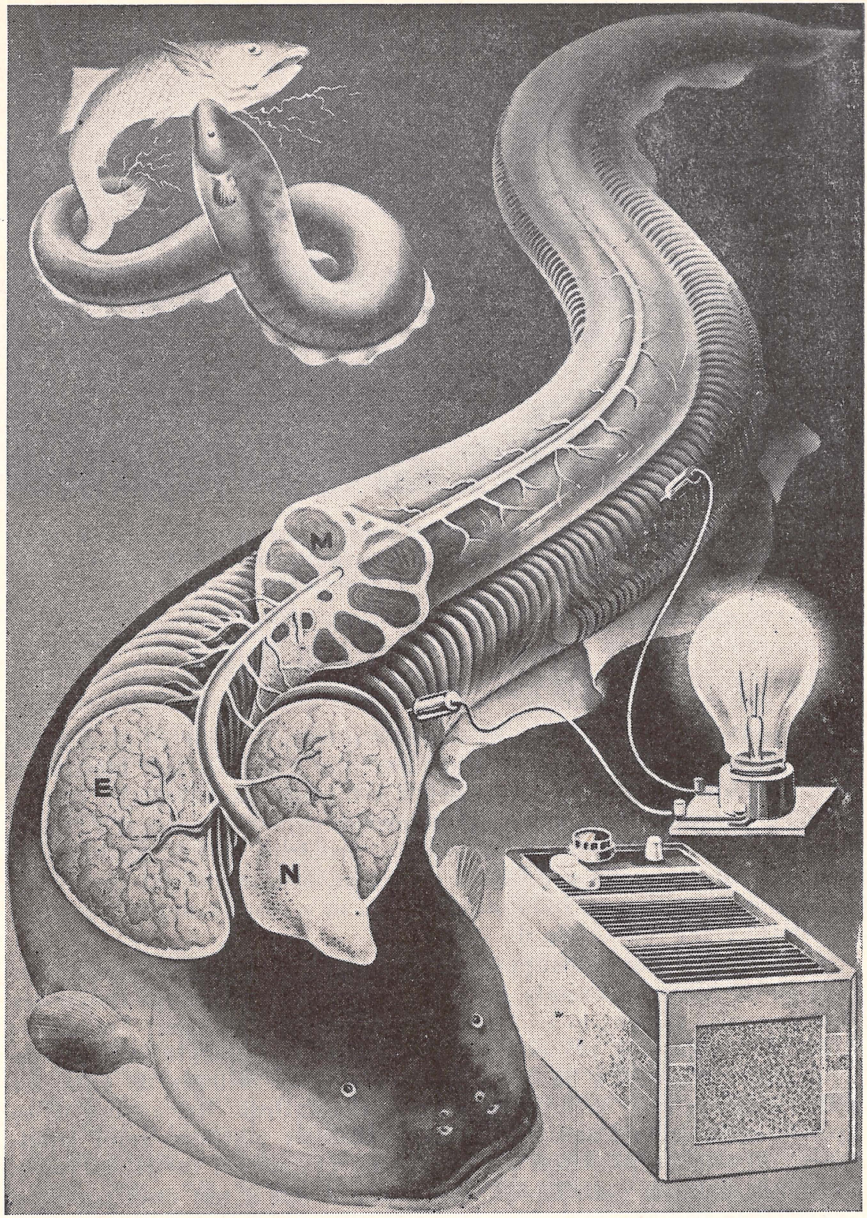


Fig. 174 — O "PEIXE ELÉTRICO". A enguia elétrica (gimnoto), como numerosos peixes, tem um órgão semelhante ao músculo, de construção análoga à duma pilha de Volta e que pode gerar tensões até de quinhentos volts. (E) O órgão elétrico; (N) Sistema nervoso; (M) Músculo. Em segundo plano, execução da vítima por meio de contato com dois pontos afastados do corpo.

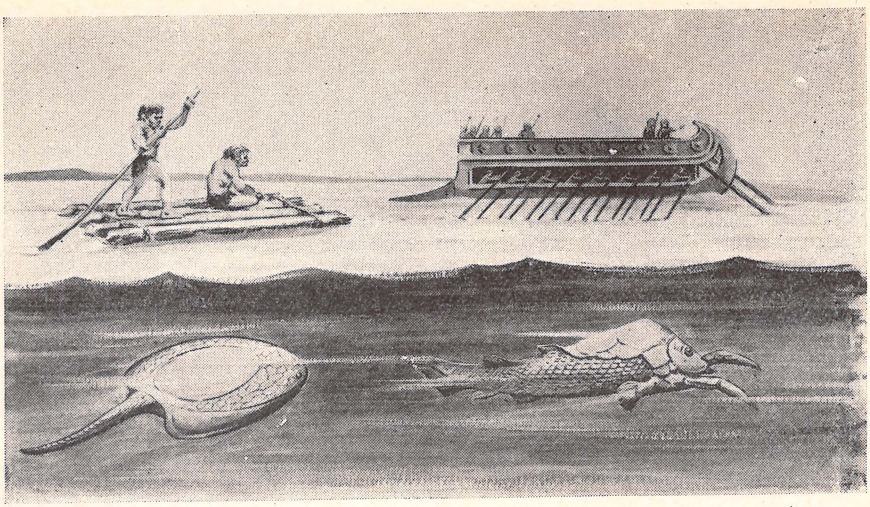


Fig. 175a — EVOLUÇÃO DA TÉCNICA NAVAL, I. Os peixes começaram, como os homens, com largas balsas; depois construíram galeras pesadas. E, como na história da técnica, êsses modelos primitivos desapareceram.

5) O primeiro espécime de peixe: peixe encouraçado — mal sucedido e extinto

A natureza incidiu no mesmo êrro que o homem cometeu mais tarde — a julgar por êste paralelo, é de crer que êsse êrro seja inevitàvelmente "natural". Ela também iniciou a história da navegação com o modêlo "jangada" (Fig. 175a). Os primeiros peixes são chatos e largos, evidentemente porque o equilíbrio é um problema difícil. Sendo então as balsas encouraçadas e providas de remos, resultaram daí peixes pesados e volumosos que, indubitàvelmente, só a custo e muito pouco se poderiam elevar do fundo do mar.

É óbvio que, à semelhança do inseto, o animal vertebrado procurou proteger-se contra o mundo circunstante com uma couraça resistente; dadas as suas dimensões não a pôde, no entanto, carregar. Em conseqüência a raça dos peixes encouraçados, provàvelmente animais de água doce, aparecidos há cêrca de quatrocentos milhões de anos, ao têrmo doutros cem milhões de anos estava extinta. Restam-nos dêles apenas exemplares fósseis. Mas dois estudiosos nórdicos, num admirável trabalho de paciência e inteligência, praticaram cortes microscópicos nos animais petrificados, investigaram um a um êsses cortes, e assim reconstruíram, com as mínimas sutilezas dos seus tecidos vitais, os peixes dessa raça extinta, como se os despertassem do seu sono de morte. Já agora está resolvido o enigma dos peixes encouraçados, pesquisado tanto tempo inùtilmente. Êsses peixes parecem-se, pela organização, com as lampreias. Contudo, embora como os ciclóstomos sejam

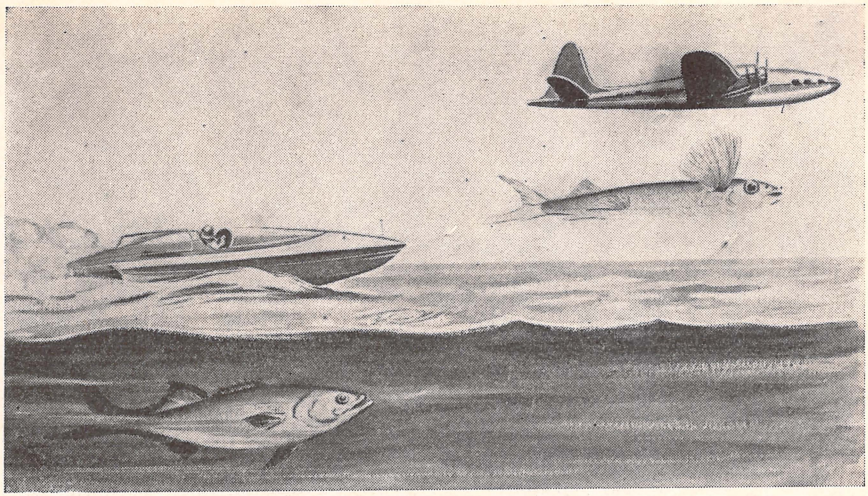


Fig. 175b — EVOLUÇÃO DA TÉCNICA NAVAL, II. Os peixes modernos desenvolveram formas aerodinâmicas ideais. Muitos dêles conseguem até voar.

desprovidos de mandíbulas, a sua bôca não é um aparelho flexível de sucção: encaixa-se, pelo contrário, na couraça e representa assim o modêlo primitivo de bôca de animal vertebrado. A couraça reveste-lhe largas chapas musculares onde os nervos terminam em grandes eléctrodos e, evidentemente, êsses músculos funcionaram como órgãos elétricos. Eis-nos de novo chegados a um ponto onde se faz mister modificar as nossas noções. O órgão elétrico dos peixes não é um músculo transformado; o músculo do animal vertebrado é que aparece na história como órgão elétrico. Ocorreu na natureza o mesmo que na técnica: a pilha de Volta é anterior ao electromotor.

6) Espécimes mais modernos: formatos aerodinâmicos; com e sem bexiga natatória

Os corpos em movimento são moldados pelas fôrças que atuam nêles. a resistência da água e do ar são dois dos elementos formativos mais poderosos: moldam os sêres, que se movem nêles, com fôrça e lógica, tal como o tôrno do oleiro gira, plasmando o vaso de barro, nas mãos do moldador. Mal se expõe ao ar, um ser de grandes dimensões torna-se uma "ave", um corpo cônico, a fim de cortar o ar com o mínimo possível de resistência; tem asas dos lados, para manter o equilíbrio, e leme no extremo do corpo, para se orientar no rumo desejado. Por isto as aves se assemelham aos aviões e os aviões às aves. É êsse o feitio mais apropriado, a forma plasmada automàticamente, do aparelho que se move, varando o espaço. Logo que mergulha na água e começa a

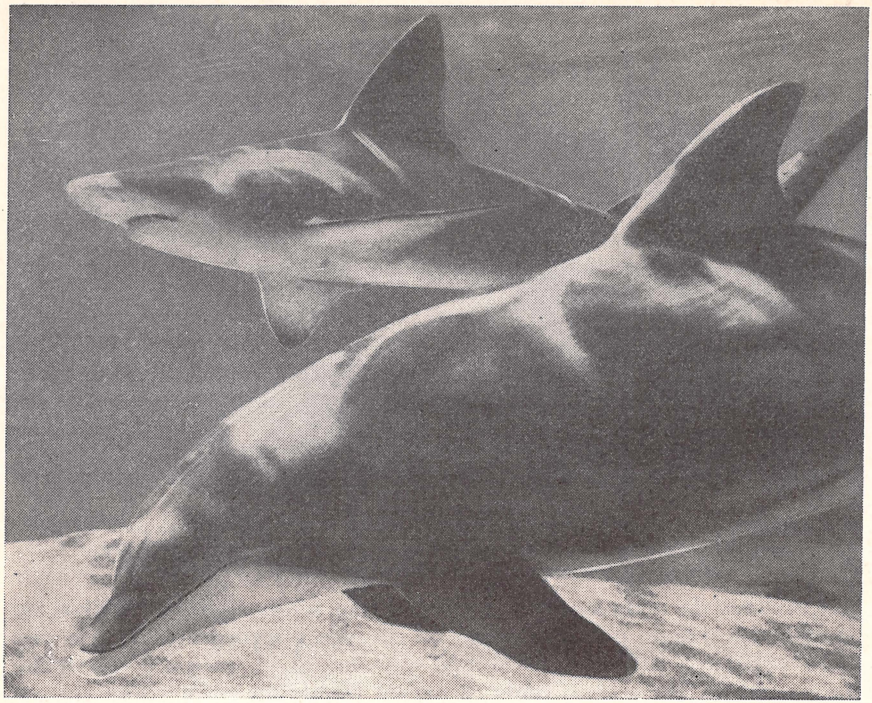


Fig. 176 — A FORMA, COMO CONSEQÜÊNCIA DA FUNÇÃO. As formas são criadas pela resistência do mundo exterior. Eis porque todos os animais nadadores têm a mesma forma. O tubarão do segundo plano — um peixe històricamente antigo — e o golfinho, no primeiro plano — um mamífero moderno — são animais de natureza radicalmente diversa que só externamente assumiram as mesmas linhas "aerodinâmicas".

nadar abaixo da superfície, qualquer animal torna-se peixe, e aparecem automàticamente as barbatanas e o leme. Na figura 176, vemos dois animais de grande porte, parecidos como gêmeos; cumpre observá-los bem para notar a diferença. Entretanto, nem são parentes; o de trás é um peixe arcaico, um peixe cartilaginoso: o tubarão; o do primeiro plano é um mamífero moderno que se passou para a água e ali se tornou golfinho, ou delfim — um mamífero de sangue quente, que dá à luz filhos vivos e os amamenta debaixo da água. Que semelhança! Duvidará alguém de que, do outro lado de Netuno, se descubram animais análogos aos da terra? O peixe da figura 175b não parece um bote-motor? O peixe voador, adejando sôbre as ondas, não lembra um avião? O peixe luminoso da figura 83 não é um vapor, com luzes e lanternas no mastro? E o peixe da figura 177, singrando nas águas, com uma barbatana içada à maneira de vela, a outra mergulhada como quilha, não é um iate? O iate semelhante ao peixe; o peixe como o iate — ambos substância convertida em idéia, como tudo

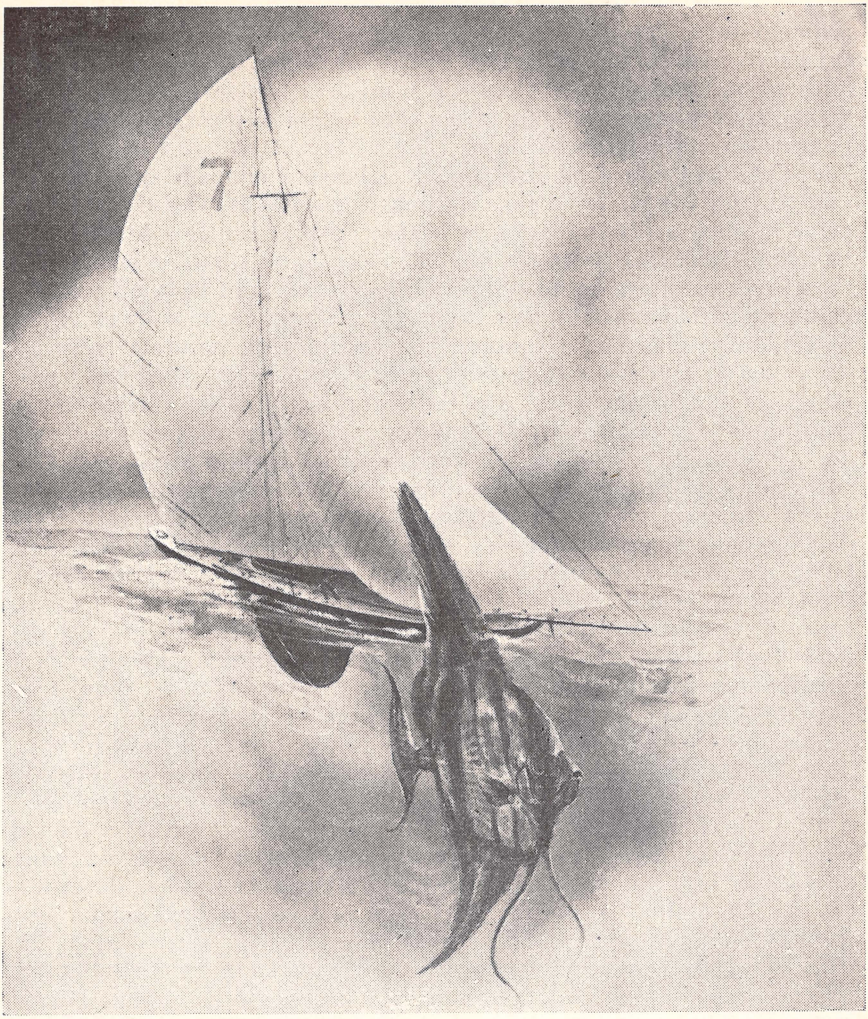


Fig. 177 — FORMAS AERODINÂMICAS, NA NATUREZA E NA TÉCNICA. O peixe e o barco de vela não podem ser postos no mesmo plano, porque aquêle flutua debaixo d'água, e êste navega entre duas esferas: a água e o ar; mas a sua semelhança assombrosa não é absolutamente um acaso — ou apenas exterior. O peixe desenvolveu a sua alta barbatana dorsal, porque utiliza a correnteza da água, como a vela aproveita o vento; e a barbatana ventral, mergulhada profundamente, se formou, porque o peixe precisa dela como contrapêso, para evitar que o corpo, envolvido pela correnteza, venha a virar. No reino animal e na técnica, surgiram automàticamente os mesmos modelos, porque as criaturas nesses dois domínios se movem num mundo de fôrças idênticas e tendem para o mesmo fim: o máximo de eficiência, com o mínimo esfôrço e nas melhores condições.

o que existe é idéia convertida em evidência, vontade substancializada, realização que se tornou carne. Simultâneamente se nos depara um novo paralelo entre a natureza e a técnica: a bexiga natatória. Todo animal, que pretenda aliviar o seu pêso corporal, forma cavidades no interior do corpo e enche de ar êsses vazios. Ocorre isto nos insetos, nos aracnídeos, nas aves, nos peixes. O homem também apresenta na cabeça, para lhe aliviar o pêso, lacunas cheias de ar. O saco de ar do peixe recebeu a denominação de bexiga natatória; mas a história e a estrutura da bexiga natatória não são tão simples como eram, quando ela não representava senão o que a sua denominação faria esperar. Os peixes primitivos criaram, para aliviarem o corpo, um saco de ar. Aqui, porém, surge a primeira contradição tão típica da natureza: nem todos os peixes têm êsse saco; e os que não o criaram nem por isso passaram pior. Em conseqüência, muitos descendentes dêsses antigos portadores de bexiga natatória não votaram absolutamente aprêço algum à herança dos antepassados e, não raro, a condenaram a atrofiar-se. Êste curso dos acontecimentos, que em si já não é suscetível de ser provado, se nos evidencia no fato dos embriões apresentarem, sob a influência da biogênese, bexigas natatórias que depois condenam à atrofia. Mais tarde, chegados à maturidade, navegam sem elas. Por que os peixes carregam em si um órgão dispensável? Por que, dos seus descendentes, uns o conservaram e outros o aboliram? É coisa que não se pode deduzir lògicamente. É a liberdade artística da natureza. Três pintores partilham o mesmo "atelier". Um dêles trabalha sentado num banquinho e declara que não o poderia dispensar. O segundo também dispõe dum banquinho, mas poucas vêzes se senta nêle. O terceiro pinta de pé e o banquinho fica-lhe no caminho. Num dia gélido de inverno, o terceiro pintor arremessa-o ao fogo: "Até que lhe dei um fim!"

Também a versão corriqueira de que os pulmões evolveram da bexiga natatória, depois que o peixe subiu à terra e "já não precisava do saco de ar", é uma pia narrativa da infância da história da evolução. Só não é absurda, porque, de fato, é possível. Da bexiga natatória poderiam originar-se e se originaram pulmões (Fig. 178). Mas a história não é de peixes que, depois de navegarem milhões de anos com bexiga natatória, se tornaram animais terrestres e mudaram aquêle órgão supérfluo em pulmões. O certo é que os anfíbios primitivos, antepassados dos animais vertebrados terrestres, derivam de peixes muito primitivos e antiquíssimos, ainda desprovidos de bexiga natatória, munidos em compensação dum órgão neutro, um saco de ar para aligeirar o corpo. Viviam penosamente no fundo da água e talvez fôssem animais palustres, mais parecidos com as nossas salamandras do que com uma traíra. Dêsses peixes primitivos, uns passaram à água corrente e aperfeiçoaram o saco de ar em bexiga natatória; outros permaneceram nos pântanos e, mais tarde, se tornaram animais terrestres. Nestes, a bexiga natatória se converteu em pulmão. Não se veja nisto uma refutação da teoria evolucionista e sim o desenvolvimento dessa teoria. Da simples e tão lógica tábua pitagórica derivou a matemática

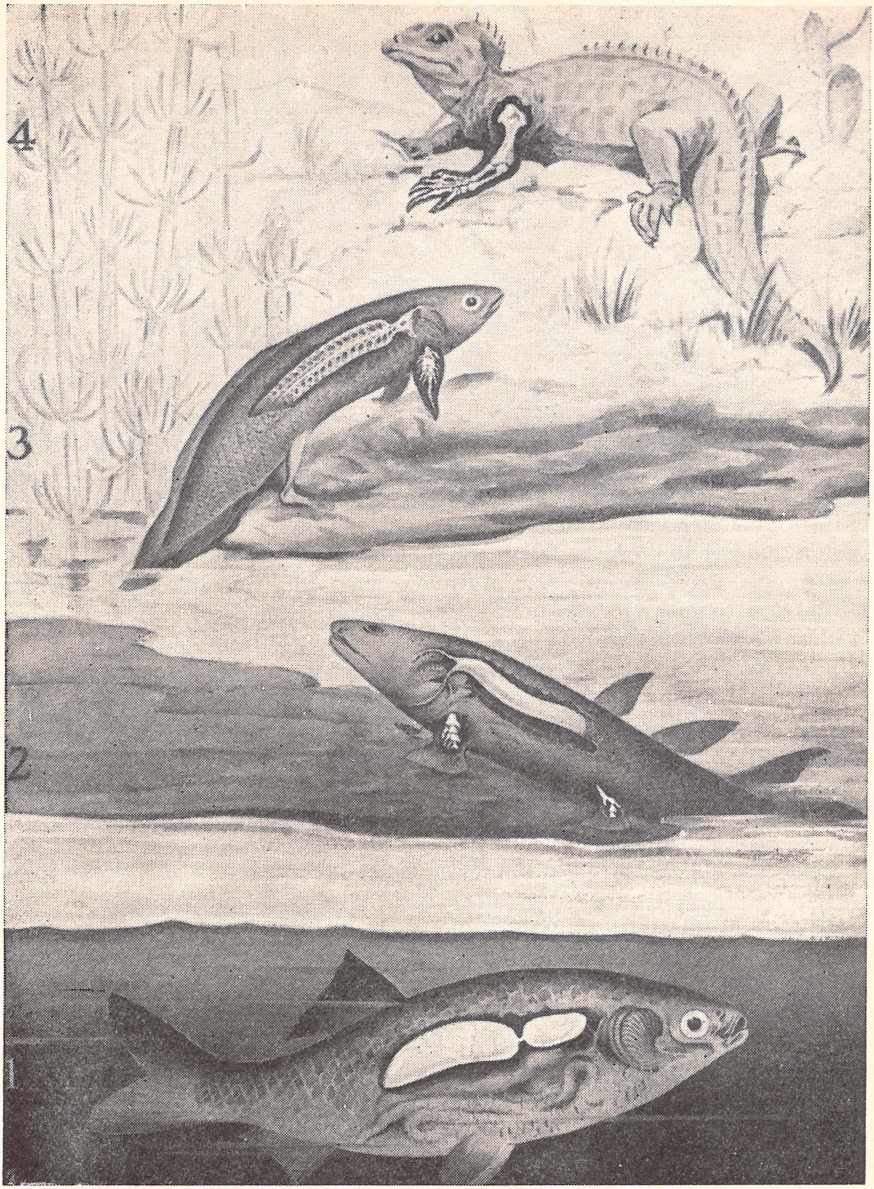


Fig. 178 — EVOLUÇÃO DE BEXIGAS NATATÓRIAS E PATAS. (1) Peixe tìpicamente moderno, com bexiga natatória e barbatanas. Dessa forma, definitivamente especializada, já não pode evolver um animal terrestre. A evolução partiu de peixes primitivos (2), com bexiga natatória ligada às brânquias e em cujas barbatanas, pela permanência prolongada na proximidade do solo, se formaram calços cartilaginosos (2). Em alguns dêsses peixes primitivos, a bexiga natatória se transformou em pulmão (3) e as cartilagens das barbatanas evolveram finalmente em patas (4).

superior, com as suas grandezas variáveis; o esquema ortodoxo, que tentou fazer da história da natureza um catecismo, tornou-se pelo contrário a epopéia da vida, grandiosa, livre, poética, muito mais semelhante à "Odisséia" do que aos compêndios de história da evolução com que nos preparamos para o exame.

7) Os peixes são mudos? Os peixes são broncos?

"Mudo como um peixe" é, como quase todos os axiomas da vida, só meia verdade. Para nós, os homens, os peixes são mudos. Entretanto, durante a segunda guerra mundial, quando havia microfones submarinos à escuta à entrada dos portos, aquêles aparelhos registraram um alarido semelhante ao duma grande estação ferroviária. Os peixes fazem música, exatamente como os grilos e os gafanhotos. Uns rosnam; outros emitem sons estridentes. Produzem êsses ruídos, ou afiando os dentes com rangido, ou tamborilando na bexiga natatória. Muitos sacodem as escamas; alguns soltam sons musicais comparáveis a notas de flauta ou de fagote. E há um peixe do qual os pescadores costumam dizer: "Aqui geme a alma penada dum marinheiro!" O golfinho e a baleia não são peixes; mas vale a pena dizer que êsses mamíferos aquáticos também são "falantes". Os golfinhos assobiam para chamar os filhotes; podem ladrar como cães e miar como gatos. A baleia branca chega a soltar trinados e, por isto, se denominou "canário do mar". O "silêncio sepulcral do mar" é mais uma das muitas ilusões projetadas pelos homens na natureza. Ilusão absolutamente desculpável, porque o homem não está aparelhado para captar os ruídos das profundidades aquáticas. Mas os seus aparelhos modernos podem registrá-los, e o homem de amanhã, sentado na sua poltrona, observará na tela do seu receptor de televisão os animais das voragens oceânicas, plásticos e coloridos. Talvez nem haja mais tela para a observação; talvez os animais flutuem imaginàriamente, coloridos e plásticos, em tôrno do observador. O seu alto-falante lhe permitirá tomar parte na conversação, e um intérprete lhe traduzirá o que êles contam; porque a linguagem dos peixes estará decifrada, como a das formigas e a das aves. O ditado "mudo como um peixe" desaparecerá então do vocabulário, como desapareceram outras expressões que se tornaram vazias de sentido. Presumìvelmente os peixes não são broncos. Tolo é o homem que os considera estúpidos. Os peixes entendem-se não só por meio de ruídos, como também segregando certas substâncias — matérias repulsivas que traem raiva, ou secreções aliciantes com que manifestam simpatia, isto é, uma atmosfera de benevolência e um convite à efusão. A secreção dessas substâncias reveladoras de mêdo, ira, simpatia ou contrariedade talvez seja uma forma de comunicação difundida em todo o reino animal. Talvez o homem também segregue essas substâncias para as quais perdeu até a faculdade de percepção. Mas o cavalo, o cão, o gato se orientam por elas. Quem possui um

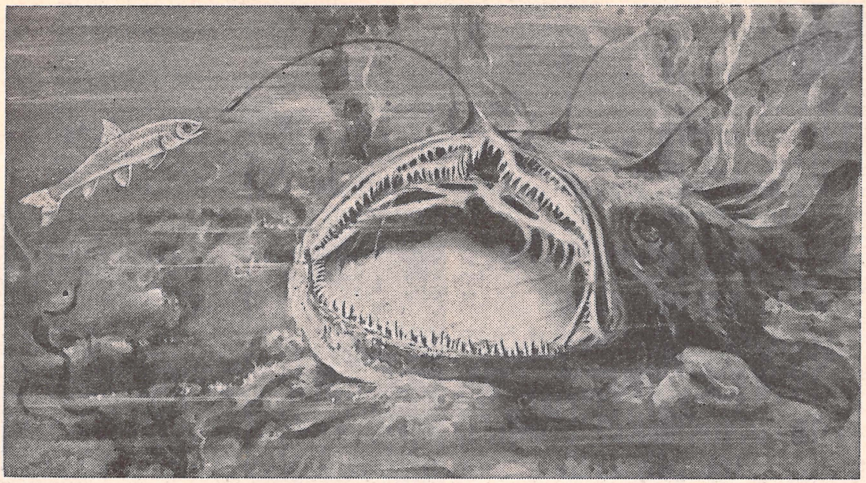


Fig. 179 — O PEIXE-ANZOL — um animal rapace, insaciável, que atrai os peixes com um longo "anzol", para os enfiar nas goelas escancaradas. Torna-se irreconhecível, com fêlpas que lhe brotam da pele e simulam algas. (Aproveitamento dum desenho de "As Maravilhas da Natureza").

cavalo sabe que êsse animal percebe melhor, e antes do que nós, se estamos bem ou mal-humorados, calmos ou nervosos, se partimos para uma missão grata ou desagradável. Quem participou da guerra a cavalo não ignora que a montaria "pressente", com dias de antecedência, uma ofensiva iminente. Será provàvelmente o tumulto da preparação que nós, os homens, não percebemos; ou o cheiro, familiar aos cavalos, das peças de artilharia levadas à frente, das munições acumuladas; serão as substâncias da excitação segregadas pelos homens, durante os preparativos, o que fornece aos cavalos uma espécie de quadro olfativo meteorológico, tal como os meteorologistas, segundo as côres da paisagem e do céu, o brilho do sol ou a cintilação dos astros podem prever, com dias de antecedência, uma mudança de tempo. Os cavalos farejam cursos de água, à distância de quilômetros, e esforçam-se por chegar até êles, quando têm sêde, ou por se desviarem, se a água os assusta. O gato sente pelo faro se a pessoa com quem se cruza está bem disposta ou segrega substâncias de má vontade. Os cães conhecem perfeitamente os caprichos do dono e o "estado de ânimo" doméstico. Às vêzes — segundo referem várias fontes, não podendo portanto ser invenção — chegam a pressentir dias a fio a morte dum enfêrmo querido; abandonam a casa e vão-se, uivando lùgubremente, enquanto a família nem desconfia do triste desenlace.

O mesmo se dá com os peixes. Na primeira idade, o "peixe-anzol" costuma andar nadando. Adulto, adapta-se nas melhores condições ao seu ambiente e estende a sua aguçada barbatana dorsal de tal maneira, que ela lhe oscila acima da cabeça como um anzol (Fig. 179), cuja

Fig. 180 — MIMETISMO. Um mestre entre os peixes exímios na camuflagem é o hipocampo — ou cavalo-marinho — que vive em florestas de algas. À direita: fotografia sôbre fundo liso (Museu Americano de História Natural). À esquerda: o mesmo peixe no seu habitat nativo.

ponta segrega uma substância apropriada para engodar peixes; êstes abocanham a isca e desaparecem nas fauces monstruosas, que os tragam com a velocidade dum "relais" elétrico. Êsse peixe é tão voraz, que os pescadores o detestam como concorrente e lhe deram a alcunha de "peixe do diabo". Foram tantos os arenques encontrados num peixe-anzol, que davam para encher uma tina — o que se fêz, de fato, porque o animal os engolira intatos. Noutra ocasião, achou-se no ventre do peixe-anzol uma rapôsa... Como pôde uma rapôsa acabar no estômago dum peixe que vive no fundo do mar litorâneo é história tão fantástica, e com tantas possibilidades de interpretação, que não se deve privar ninguém do gôsto de explicá-la a seu modo.

O "peixe-atirador" não se contenta com caçar na água: cospe para o ar e acerta a cinco metros de distância numa libélula — um autêntico às, nesse exercício. Essas travessuras, essas patifarias, essas artimanhas de caçador contradizem categòricamente a teoria da estupidez dos peixes. Quem conservou peixes durante anos num aquário sabe que se estabelecem certas relações entre êles e a pessoa incumbida de tratá-los, contanto que se tenha a sorte de possuir espécimes inteligentes. É mais do que uma lenda piedosa a pregação de Santo Antônio aos peixes, à beira-mar. O santo pregava, e os peixes acudiam a escutar, embora naturalmente não compreendessem a fala humana: é que dêle manava o "odor de santidade". No nosso tempo os santos são raros; mas um austríaco, fotógrafo de animais, que andou semanas, com o seu barco, em determinado ponto do Mar Vermelho, amansou de tal maneira um tubarão, dando-lhe de comer, que o peixe se anunciava de manhã com pancadinhas na quilha do iate, permitia que o coçassem e chegou afinal — assim o prova o filme — ao extremo de nadar nas ondas com uma bela garôta, como se não fôsse um esqualo e sim um cavalo de montar. Ùltimamente habituaram-se peixes a certos produtos químicos e aproveitam-se as suas reações — se êles se aproximam ou fogem — para averiguar as impurezas da água, demasiado insignificantes, para darem reações químicas.

Na figura 104, conhecemos o peixe traidor que atrai os seus semelhantes para a rêde do medusário. Com os tubarões vive, em simbiose, o peixe-pilôto, que os adverte das armadilhas, e é tão zeloso na sua amizade, que os pescadores de esqualos o detestam, como perturbador nocivo aos seus interêsses. A rêmora apega-se firmemente ao casco da embarcação e deixa-se levar como passageiro clandestino; é, porém, mais antiga do que os barcos humanos; os seus meios naturais de transporte são os grandes habitantes do mar; para viajar cômodamente e sem obstáculos, a rêmora arranjou até um camarote: nas goelas da baleia (Fig. 216, 8). Agarrada ao céu da bôca do cetáceo, não só é carregada, mas bem tratada, como autêntico passageiro: quando a baleia toma a sua sopa de plancto, certos peixinhos caem-lhe na bôca; é dêsses que vive a rêmora, sua companheira de viagem. Ainda não sabemos se a rêmora permuta serviços com a baleia e portanto é simbionte, ou se apenas aufere vantagem e é parasita; mas isso carece de importância, perante o fato dum peixe desenvolver na nuca um órgão de sucção com que se agarra a outros animais aquáticos. Que senhora caprichosa é a natureza! Nenhuma das nossas artífices, capazes de criar bonecas de fantasia com sêda e veludo, ou de soprar em vidro animais dos feitios mais grotescos, se aproxima sequer das inspirações da artista universal que trabalha com plasma. Onde imaginaríamos encontrar um peixe, com um órgão de sucção na cabeça, pendurado no céu da bôca da baleia e alimentando-se ali de peixinhos desgarrados na sopa de plancto? Ou um peixe com um anzol prêso ao nariz e munido de isca na ponta, ou até provido de lanterna que brilha debaixo da água

e — como os faróis guiam os navios aos portos — atrai os peixes às enseadas do inferno? Nada, neste mundo, é menos "natural" do que a natureza.

8) Os peixes são frios?

Numa estância de veraneio quando vemos os veranistas — entre êles, mulheres! — no molhe do balneário, soltar um grito de triunfo, como se acabassem de praticar um feito heróico, ao puxar do seu elemento fresco um peixe com a bôca rasgada — "Ah! se soubesses como o peixinho está bem no fundo!" — e largar o belo animal, tão indignamente iludido, com as brânquias inchadas, os olhos esbugalhados, a morrer nas pranchas quentes, sem uma pontinha de piedade, para blasonarem depois das suas proezas que, para êles, só têm interêsse puramente "esportivo", pois a "Table d'hôte" da pensão cuida de lhes encher o estômago... à vista dessa cena brutal, a pergunta que acode é: qual dos dois tem sangue frio: o homem ou o peixe? Ocorre até a idéia, se não pròpriamente agradável, pelo menos admissível, de que êsse espetáculo poderia um dia inverter-se: essa gentinha "esportiva", aliciada com alguma isca doce, puxada a anzol pelo cardume triunfante, e depois de não ser devorada, — "Neste recinto sagrado, não se conhece a vingança" — saindo da água sob os motejos da multidão, com as roupas molhadas e os lábios sangrando, só para lhe corrigir e sanar os pendores bárbaros. Deveria figurar em todo programa educativo a obrigação de inculcar nas crianças o hábito de cultivar peixes em aquários a fim de que, aprendendo a conhecê-los e afeiçoando-se a êles, nunca mais se pudesse ter a idéia de matá-los por esporte. Na nossa casa, criamos macrópodes, anos a fio, num aquário provido de estufa. O trabalho, o entretenimento, as surprêsas, o entusiasmo não tinham fim. Há entre os peixes, como na humanidade, os inteligentes e os estúpidos, caracteres insípidos e interessantes. Como entre os homens, os estúpidos são a maioria; por isto levou-nos tempo a seleção cuidadosa duma sociedade interessante. O peixe favorito da família era um macrópode-fêmea, verdadeira obra-prima de beleza, inteligência e temperamento, uma "beauté du diable". Chegando a casa de noite, recebíamos as boas-vindas do peixe, que manifestava a sua alegria aparecendo à parede de vidro, entesando as barbatanas, resplandecendo de côres vivas. Para apanhar os nacos de carne crua, que lhe dávamos, a criaturinha pulava alguns centímetros acima da água. O prazer de saltar deveria ser-lhe fatal. No torneio amoroso, portava-se como doida, e o seu arrebatamento custou a vida a um dos galãs. Os macrópodes beijam-se, juntando as bôcas e brincando de roda (Fig. 181, 2). Nesse jôgo, a fêmea puxou de tal maneira o parceiro que lhe arrancou a bôca, e êle pereceu miseràvelmente, enquanto ela continuou a dançar furiosamente com o seu pelele, diante da bôca. Foi uma data lutuosa, na história da família, um dia do qual se falou pelo espaço dum decênio, aquêle em que, tendo alguém se esquecido de tapar o aquário na véspera, a

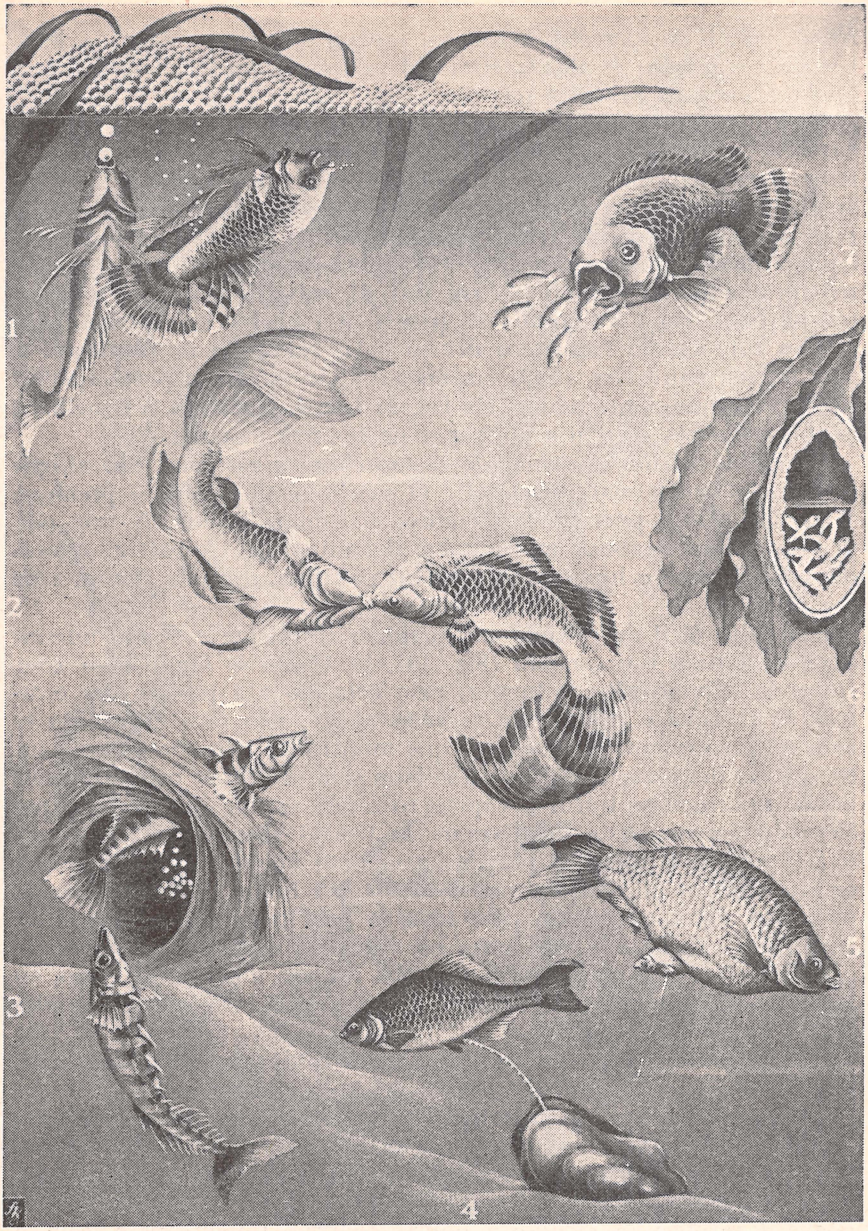


Fig. 181 — VIDA AMOROSA DOS PEIXES. 1) Sob o ninho dos macrópodes: o pai produz espuma; a mãe põe ovos. 2) A dança do beijo dos macrópodes. 3) No ninho do carapau. 4) Êste peixe, da família da carpa, desova num marisco (parasitismo de cria). 5) Estoutro espécime da mesma família gera filhos vivos. 6) Ninho de peixe entre algas. 7) Bôca-nascedouro.

fêmea saltadora apareceu morta no tapête. Nunca me saiu da lembrança a expressão desolada, estarrecida, de mamãe, sentada como uma Niobe à mesa da primeira refeição.

Assim como o escaravelho enrola a cria em pílulas, enquanto a fêmea vagueia indiferente ao lado dêle, e o besouro aquático atura que a fêmea fecundada lhe prenda os ovos às costas, obrigando-o a fazer de ama, assim entre muitos peixes também compete ao pai o cuidado da prole. O pai macrópode arma com bôlhas de ar e saliva um ninho de espuma, onde abriga a cria (Fig. 181, 1). Quando os filhotes crescidos tentam abandonar o ninho, o pai traz de volta os pequenos desertores, na bôca. Há uma família de peixes cuja bôca é nascedouro, porque os filhotes são incubados dentro dela. Nascendo os pequenos, a mãe navega entre êles, como um encouraçado escoltado por torpedeiros. Ameaçando-os um perigo, ela faz sinal; e os pequenos, à semelhança dos cangurus, correm a abrigar-se na bocarra materna (7).

No cavalo-marinho, o amor de espôso chega a extremos não atingidos por outro animal vertebrado. O macho é que sofre a prenhez! (Fig. 182). *Ela* é provida de membro; *êle,* duma vagina. A mãe põe os ovos, o pai recebe-os numa bôlsa abdominal (2). A barriga cresce-lhe e finalmente o hipocampo dá à luz os filhos, segundo consta, com dor (3).

Um peixe fácil de cultivar em qualquer recipiente e objeto interessante de estudo é o carapau (Fig. 181, 3). Quem se familiarizar com êle pode adivinhar-lhe o humor, pelo colorido e a posição das escamas. O carapau é caprichoso, às vêzes alegre, não raro enfastiado e, mais freqüentemente irascível, porque motivos de irritação não faltam na colônia dos carapaus. Parecem-se êstes com os símios: os machos são paxás, tiranizam os fracos aos quais só tocam as migalhas, depois que êles adormecem, fartos de devorar. As fêmeas vivem separadas, num serralho onde as coisas se passam como num harém. Ciúmes e brigas estão na ordem do dia, enquanto os machos lutam do lado de fora, como cavaleiros medievais, pelo favor e pela posse duma fêmea. As armaduras fulguram e, não raro, no ardor do combate, se desprende uma placa ou a ponta duma barbatana. No cio, a excitação chega ao auge. Basta atirar um pedacinho de papel à água para enrubescer violentamente um carapau.

Os carapaus resolvem os seus problemas conjugais com mais inteligência do que os homens; entre êles, a crítica começa antes e não depois da união. Em pleno galanteio, se lhe suceder descobrir uma falha na harmonia, em vez de continuar a sua dança em tôrno da fêmea, deslumbrando-a com a opulência das suas côres, abanando as barbatanas em leque a ponto de nos parecer que as ouvimos farfalhar, o peixe põe-se a rezingar, a sacudir a noiva. Agarra-a finalmente e, com o gesto colérico do marido furioso nas óperas antigas, arrasta o objeto do seu mau humor através do tablado.

Contudo, se a beldade assim maltratada "obtiver graça aos seus olhos", o carapau faz o ninho com paciência infinita, evidenciando

Fig. 182 — UM MARIDO IDEAL: O HIPOCAMPO, OU CAVALO-MARINHO. No acasalamento (1) a fêmea, mediante um membro, introduz os ovos na matriz de que é portador o macho (2). O pai dá à luz, com dor, os filhos vivos (3). A princípio, êstes nadam horizontalmente como peixes (4). Mais tarde tomam a posição vertical que os distingue (5).

uma habilidade inexplicável num peixe: reúne talos, calça-os com pedrinhas, levanta camada após camada, calafeta as orlas com uma substância viscosa que segrega pelos rins. Pronta a mansão do amor, o carapau introduz nêle as fêmeas, porque não é monógamo. Impele-as uma a uma para o ninho, fecunda-as uma após outra; e — como entre os humanos o homem — depois do ato, a fêmea esgueira-se pela porta dos fundos. Começa então para o macho o "chôco". Leoa alguma vela pela cria com mais carinho do que êle. Pelo espaço de dez dias, o carapau provê os filhotes de água fresca, abanando as barbatanas. Depois desfaz meticulosamente o ninho, de cima para baixo, e vigia os primeiros movimentos da prole. Os peixes são broncos? Os peixes são frios? Não têm na verdade muito cérebro; mas isto prova apenas que o peixe não precisa de muita massa encefálica, para ter inteligência e alma de peixe, suficientes para preencher uma existência inteira, uma existência de peixe, com trabalho e prazer, caça e folguedos, amor, acasalamento e paternidade. Em conseqüência, a vida de muitos peixes talvez seja mais cheia, e certamente é muitas vêzes mais bem vivida do que a de muitos sêres humanos.

Capítulo XIV

O ANFÍBIO

1) O estípite dos vertebrados terrestres: o peixe de barbatanas filamentosas

Sôbre as relações dos animais vertebrados: peixe, anfíbio, reptil, ave, mamífero, símio, homem, só chegará a formar conceito claro quem puser diante dos olhos o curso histórico da evolução. A história da evolução não decorreu de maneira que dos vermes inferiores derivassem espécimes aperfeiçoados e, conseguido o verme "perfeito", dêle se originasse um inseto; nem sucedeu que, após os peixes simples, viessem os de organização mais complexa e, chegando êstes à perfeição, os mais inteligentes dentre êles se abalançassem, como coroamento duma carreira, a subir à terra para viverem ali, sob forma de anfíbios "inferiores". Não; mas atenhamo-nos a uma denominação conveniente: árvore genealógica; e imaginemos, de fato, uma árvore. Assim como os galhos mais altos não despontam na extremidade dos ramos donde pendem as flores, mas brotam do tronco principal onde o lenho não acusa nada de particular, assim nas espécies animais os galhos superiores não derivam de formas definitivas, e sim da origem primitiva comum. E, à semelhança do que se dá com a árvore no campo, também na árvore

genealógica das criaturas o segundo galho não nasce longe do ponto onde surgiu o primeiro. Os peixes não subiram à terra firme, no epílogo da sua história; nem o anfíbio é o pináculo da classe dos peixes. Foi nos primórdios da história que certos peixes, em vez de nadar, se puseram a rastejar no lôdo; dêsses peixes arcaicos evolveram os anfíbios. Dos peixes hodiernos, dum lúcio ou dum tubarão, que são formas definitivas especializadas, já não se pode originar um animal terrestre. No decorrer duma longa história, êles adaptaram-se tão idealmente a viver na água, que já não poderiam sair dela. Os sêres especializados já não estão sujeitos a sofrer modificações. Das serpentes já não derivam aves, porque a serpente é o ponto final duma evolução; só lhe pode acontecer uma coisa: extinguir-se. Os anfíbios são quase tão antigos como os peixes. Digamos, arredondando a conta: os peixes datam de quinhentos milhões de anos; os anfíbios apareceram cem milhões de anos depois. Assim também, mais tarde, os mamíferos não evolveram dos reptis aperfeiçoados, mas dos reptis primitivos, ainda próximos dos primeiros anfíbios. Entre o anfíbio, o reptil e o mamífero não existe a relação de avô, pai e filho e sim um parentesco de primos. É sempre dos princípios que se originam as continuações.

Há grande probabilidade de serem os anfíbios descendentes de peixes muito antigos, os peixes de barbatanas filamentosas, ou em borla, muito comuns cêrca de cem milhões de anos antes do período carbonífero e a maioria dos quais está hoje extinta. O característico do animal vertebrado terrestre não é respirar pelos pulmões; é apoiar-se no solo com patas, em vez de nadar com barbatanas.

O modo como um animal respira não é essencial. Há anfíbios que respiram por brânquias e peixes com respiração pulmonar. Não existe, porém, um animal vertebrado terrestre munido de barbatanas. O peixe de barbatanas filamentosas é o único da sua espécie, dotado da faculdade de desdobrar as barbatanas e apoiar-se nelas, como em quatro patas, no fundo da água. Esta propriedade permitiu-lhe abandonar o habitat aquático. Assim, presumìvelmente, êle se tornou o estípite dos animais vertebrados terrestres (Fig. 184, embaixo, à esquerda).

Não se sabe em que circunstância êsse peixe pré-histórico trocou a água pela terra. Não foi, em todo caso, como se costuma dizer, a "conquista da terra firme" (Fig. 183). Talvez secassem os mares, e êle fôsse o único peixe apto para viver nos baixios, por estar já preparado para andar. Ou rastejou para terra, por mero prazer de mudar de ambiente. Devemos libertar-nos do vício de explicar os fatos da natureza, supondo "necessidade". Não era preciso que os mares secassem, para os animais desertarem o oceano ou os esconsos dos pântanos, como não são necessários motivos, para que o filho abandone a casa do pai rico. Os animais são feitos do mesmo plasma que nos criou a nós de quem diz a Bíblia: "Nascido de mulher, coração cheio de inquietude..." Os animais também gostam de novidade; também são *rerum novarum cupidus;* também os impele o gôsto da aventura, por

Fig. 183 — A PRETENSA "CONQUISTA DA TERRA FIRME" PELOS PEIXES não foi uma "invasão"; foi uma fase de transição que se estendeu pelo espaço de muitos milhões de anos.

sendas não trilhadas. As rãs, nascidas para viver nos brejos, passeiam nas árvores. Os besouros e as aranhas, com os seus órgãos respiratórios, descem à água e levam nesse elemento uma existência penosa. Mas fazem isso, como o homem abandona o ambiente confortável da grande cidade, para colecionar serpentes nos desertos do Arizona; ou se embrenha nas florestas virgens da África, onde na escuridão da noite vê luzir pela janela aberta os olhos duma pantera. Quem poderá dizer o que impeliu, há quatrocentos milhões de anos, os peixes para a terra firme? Êles subiram aos continentes; e a prova de que essa transição não é fantasia, mas realidade possível ainda hoje, está nos peixes de respiração pulmonar da Austrália e da América do Sul que, na época das chuvas, vivem nos baixios e respiram pelas brânquias, ao passo que no verão dormem em canais de lôdo enxuto, uma espécie de sono estivo, durante o qual respiram pela bexiga natatória, mais ou menos transformada em pulmões (Fig. 184, embaixo, à direita). A passagem da água para a terra operou-se talvez independentemente em muitos pontos do globo, sem ser determinada pela necessidade, sob forma de excursão ao solo firme. Em memória biogenésica da época aquática dos antepassados, todos os vertebrados terrestres passam o seu período embrionário na água, quer na umidade do ôvo quer na do saco amniótico.

Fig. 184 — GENEALOGIA DOS ANFÍBIOS. Embaixo, à esquerda, o peixe de barbatanas filamentosas — peixe antiquíssimo, talvez próximo dos antepassados dos vertebrados terrestres. À direita, um peixe de respiração pulmonar, o qual, como portador de pulmões, pode situar-se na zona de transição entre a água e a terra. Acima dêle, um batráquio primitivo que ainda se apóia em barbatanas e viveu provàvelmente no lôdo. Acima dêste, no centro da árvore genealógica, um anfíbio típico, ainda não especializado que, mais tarde, assumiria forma definitiva nìtidamente especializada, como a cecília com aparência de serpente (em cima à esquerda) e a rã saltadora (no alto da figura à direita). Muitos anfíbios voltaram à água e respiraram por meio de brânquias folhudas, não aderentes ao corpo (no centro, à direita). (De "Orion", esbôço de Fritz Bolle, execução de Liselotte Teepe).

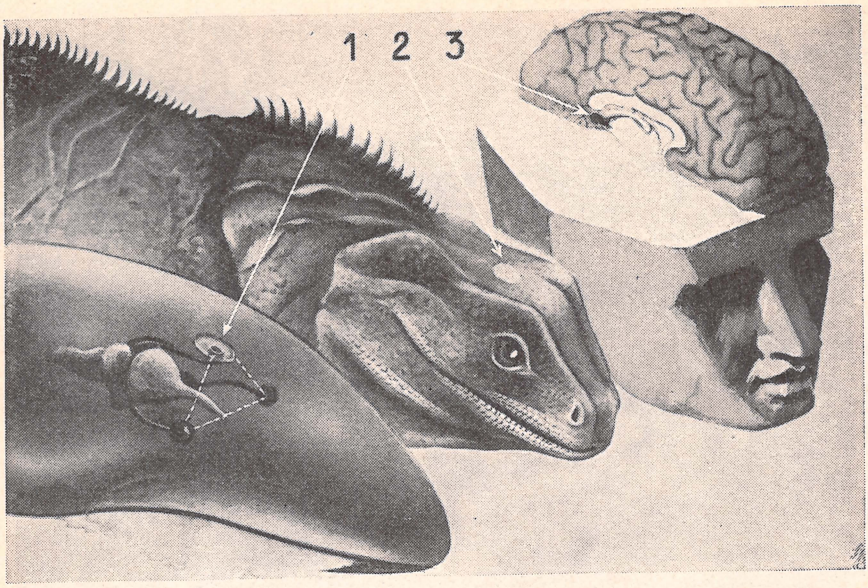


Fig. 185 — DE ÔLHO CRANIANO A GLÂNDULA PINEAL. 1) Os primeiros anfíbios apresentavam no alto da cabeça um terceiro ôlho. 2) Dêle restam, nos reptis, vestígios ocasionalmente ainda sensíveis à luz. 3) Nos mamíferos — como ocorre freqüentemente com órgãos atrofiados — o ôlho craniano transformou-se numa glândula hormônica: a glândula pineal, empurrada para o fundo pelo cérebro gigantescamente crescido. Ela freia as glândulas sexuais na infância e se atrofia, depois dos dez anos, quando se inicia a puberdade.

O embrião humano também apresenta fendas branquiais, como se quisesse ser peixe e não se destinasse, a reger um dia orquestras e coros (Fig. 172 e 187).

2) A barbatana transforma-se em mão de cinco dedos

Os animais vertebrados terrestres apóiam-se em quatro patas, porque o peixe de barbatanas filamentosas se firmava em quatro barbatanas ventrais, atravessadas por escoras cartilaginosas; e eram quatro ou cinco dêsses esteios que lhe sustentavam o pêso do corpo. Eis por que os anfíbios primitivos desenvolveram, uns quatro, e outros cinco dedos. O anfíbio que se tornou o tronco original dos reptis, das aves e dos mamíferos tinha cinco dedos; por isso todos os vertebrados superiores apresentam cinco dedos (Fig. 186). A galinha cisca em verdade com três; o cavalo corre com a ponta do seu dedo médio. Mas êsses casos são especializações posteriores. Originàriamente, os vertebrados terrestres tinham todos mãos bem formadas com quatro ou cinco dedos (Fig. 186, centro) e só com especializações ulteriores as mãos e os pés se adapta-

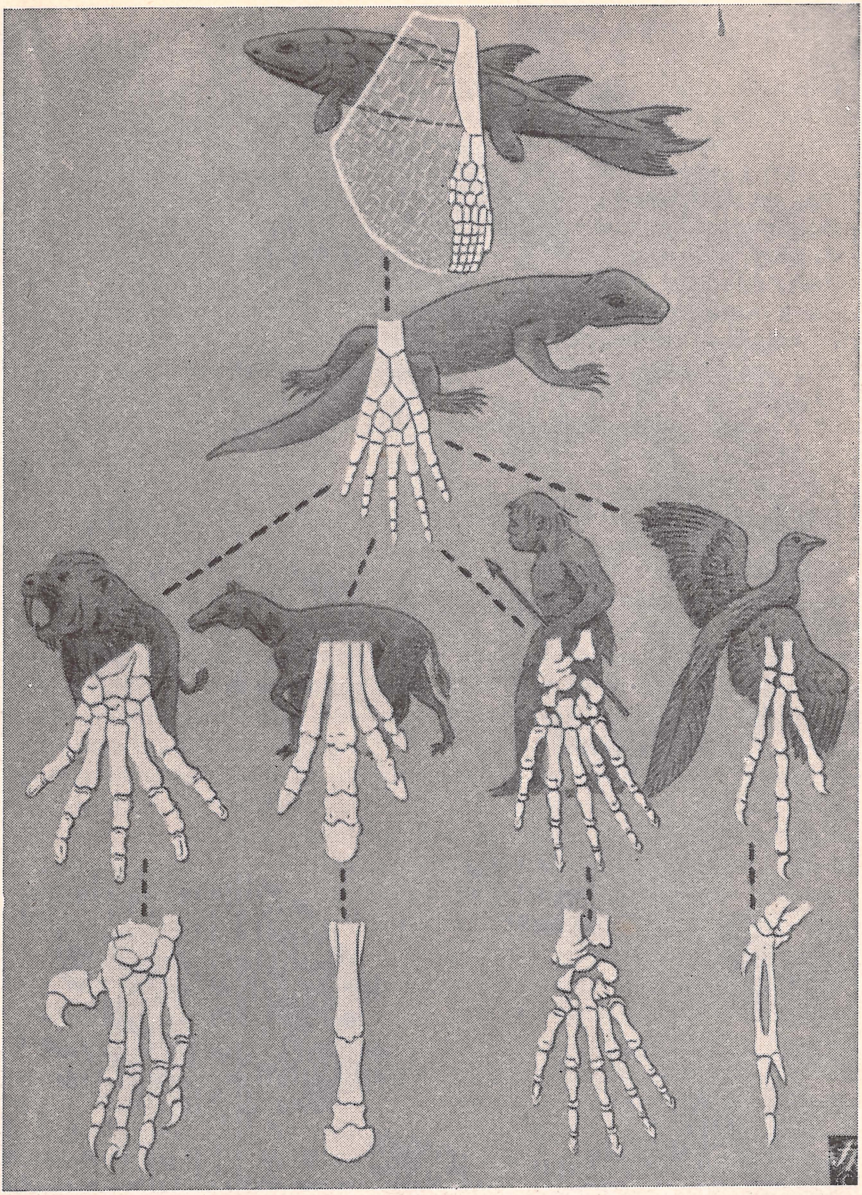


Fig. 186 — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DA MÃO. O homem, ao contrário de todos os outros vertebrados, conservou a mão primitiva, uniformemente desenvolvida, do reptil primitivo e guardou assim uma habilidade que os outros vertebrados perderam.

Fig. 187 — TODOS OS SÊRES TERRESTRES, NA PRIMEIRA IDADE, SÃO TRANSITÒRIAMENTE ANFÍBIOS. Todos os mamíferos passam a primeira idade na água, como as rãs. O embrião nada no líquido amniótico e respira, como um mergulhador, pelo cordão umbilical, através do sangue da mãe.

ram às suas necessidades peculiares. Apenas um dentre êles conservou a mão, na forma original: o que se tornou o homem! Entre tôdas as criaturas modernas, o homem é a que tem a mão mais primitiva... *Primitivo,* na história da vida como na história da arte, não significa inferior; quer apenas dizer simples, ainda não especializado. A perna especializou-se em suster e andar; e a diferença entre a mão e o pé nos mostra claramente o caráter da especialização na história da natureza: a mão é um órgão não especializado; o pé, um órgão especializado. O pé só pode servir de apoio; com a mão, o homem tem, pelo contrário, a possibilidade de praticar "atos" numerosos e muito diferentes: agarrar, segurar, mexer, alisar, bater, esfregar, escrever, fazer música, dar e desfazer nós, ameaçar, implorar, orar, abençoar — tudo isso pode fazer a mão humana, porque não se tornou a pá da toupeira, a barbatana da baleia ou o casco do cavalo, ou ainda a garra do tigre, mas ficou sendo mão primitiva de cinco dedos, bem proporcionada e não especializada!

3) A era áurea dos anfíbios

No ano de 1726, o Professor João Jacó Scheuchzer, de Zurique, publicou o primeiro relatório científico sôbre um fóssil. Tratava-se dum esqueleto mais ou menos de dimensões humanas e, como para aquela época puritana, que ainda não acreditava em fósseis, só podia ser dum homem, o autor descreveu o achado — que na realidade pertencia a uma grande salamandra — como "Homo diluvii testis", ou "armadura da perna dum homem afogado no dilúvio" — êrro perdoável por mais que nos custe, mesmo a um professor de zoologia e com justificada indulgência, se considerarmos a sua época, já que nós mesmos cometemos erros análogos, condicionados ao tempo. Nós não o notamos, mas a posteridade nos tratará como nós tratamos o professor de Zurique. O que nos faz rir é o tom de gravidade paternal com que êle apresenta os seus equívocos. Vertida em linguagem moderna, eis como prossegue a sua dissertação: "A figura que proponho, em bela xilografia, à meditação do mundo erudito e curioso é, com certeza infalível, um remanescente do dilúvio. Não são poucos traços de que uma imaginação rica e fecunda possa formar alguma coisa semelhante ao homem, mas uma coincidência rigorosa com as partes da armadura duma perna de homem, uma proporção perfeita! Sim, as próprias partes moles da perna encaixada na pedra subsistem "in natura" e diferençam-se fàcilmente do resto da pedra..." Assim o seu olhar, enganado pela fantasia, chegou a descobrir até "resíduos do fígado". E, como conclusão, o professor apostrofa patèticamente o fóssil:

Mísero esqueleto de perna de antigo pecador,
Amolece, ó pedra, o coração dos
modernos filhos do mal!

O que êsse esqueleto conta, na realidade, é pelo menos tão interessante como o dilúvio: entre os anfíbios, houve colossos. Assim aprendemos também que a história dos anfíbios se desenvolveu de maneira típica: a época áurea da espécie começou cedo e bruscamente. Resolvido o problema fundamental "animal vertebrado terrestre", o plasma — como um artista ou um inventor que descobriu a solução das suas dificuldades — entregou-se a uma espécie de embriaguez criadora, e o tema "vertebrado terrestre" foi elaborado em tôdas as variações imagináveis, até ao exagêro grotesco. É um verdadeiro desfile de circo de curiosidades biológicas o que se nos depara: girinos do tamanho de coelhos; batráquios que, repudiando o belo invento da "pata", coleiam no lodaçal como serpentes (Fig. 184, à esquerda, em cima); rãs das proporções das que ornam, em bronze, as orlas da nossa fonte de Netuno; e finalmente salamandras tão colossais, que os seus "restos" puderam ser atribuídos a um ser humano. A natureza também inaugurou a "saison" com um desfile de moda, apresentando modelos que se diriam criados, não para a produção, mas para que se admirasse o talento inventivo da criadora. Acaso a natureza, autora de sêres tão soberbos, também não é vaidosa? A época dos anfíbios: carnaval, tempo de mascaradas, de pompa e de espantalhos; depois, a quarta-feira de cinzas, e todos os ouropéis, atirados a um canto, cobrem-se de pó, no sótão da história do universo, em caixas de papelão cujo enchimento é turfa, na arca da pedreira. Um belo dia, num mundo totalmente diverso, um póstero distante arromba uma dessas arcas, descobre nela o esqueleto duma salamandra gigantesca. E o arrogantíssimo animal da era humana — afeito a relacionar com a sua pessoa os fatos da natureza — num assomo da sua megalomania, proclama que o mundo foi criado para que *êle* viesse ao mundo, que os períodos glaciários foram enviados pelo céu, a fim de purificar, sob forma de dilúvio, a terra. Em conseqüência, a antiga salamandra é catalogada pelo seu descobridor, com o rótulo de "armadura da perna dum homem afogado no dilúvio".

Em verdade:

É de fato um grande prazer
Penetrar no espírito dos tempos,
Averiguar como pensava outrora o passado
E o esplêndido progresso que fizemos.

Capítulo XV

O REPTIL

1) Um invento que fêz época: a casca de ôvo impermeável

As maravilhas de ontem são as banalidades de hoje. Entramos na nossa casa escura, apertamos um botão, e os corredores se iluminam como de dia... Que diria Platão, se estivesse ao nosso lado? Embarcamos num carro de janelas transparentes — já uma vidraça seria, para os homens da antiguidade, uma maravilha — giramos uma chave e largamos, à velocidade de oitenta quilômetros por hora... Em troca dêste veículo prodigioso, Xerxes nos daria de bom grado uma província. "Dois ovos... quatro minutos", dizemos; e cinco minutos depois os temos diante de nós, na mesa, em porta-ovos; quebramos-lhes a ponta e, com a colherinha, lhes tomamos o conteúdo. Quantos dos que saboreiam assim os seus ovos quentes têm consciência de estarem destruindo um dos maiores inventos da história da vida terrestre? Não foi a invenção do peixe que mudou as barbatanas em patas nem a conversão da bexiga natatória em órgão de respiração; foi a invenção do ôvo impermeável o que habilitou o animal vertebrado após rastejar para a terra firme, a conquistar os continentes. O peixe está a vida inteira adstrito à água, porque põe ovos sem casca, donde nascem filhotes dotados de guelras e que, portanto, só poderão viver na água. (Fig. 188, 1). O anfíbio também é um animal aquático, porque, se pode viver sem terra, não vive sem água, pois também põe ovos sem casca, "ovos aquáticos" e, conseqüentemente, a sua cria respira, como os peixes, por meio de brânquias. Logo, para a sua reprodução, o anfíbio está ligado à vizinhança da água, e só o animal adulto pode aventurar-se transitòriamente em terreno enxuto (2). Já entre êles, porém, se percebe o empenho em se emanciparem da água. Certas salamandras não voltam à água, para a desova. Arrastam-se para algum buraco úmido, põem os ovos, irrigando-os depois com urina e um suor peculiar que segregam pela epiderme do abdome (fig. 189). Depois ocorreu a grande invenção: alguns anfíbios excogitaram a arte de forrar os ovos com uma película que impedia a evaporação. A princípio finas como papel, essas películas tornaram-se mais tarde espêssas como pergaminho (fig. 189a). Em época ainda posterior, pulverizadas e depois revestidas de cálcio, adquiriram consistência de porcelana. É a partir daí que temos o ôvo fechado, impermeável ao ar, que nos servem no porta-ovos, produto dum milhão de anos de tentativas e que só na classe das aves — por ora — teve solução cabal (Fig. 189b). A cria que sai dêsse ôvo, pôsto em solo enxuto, já não respira por brânquias e sim por pulmões. Em conseqüência, já não é um *amphibium,* um ser de vida dupla; é uma criatura terrestre que, ao têrmo de quase quinhentos milhões de anos de história, consegue finalmente

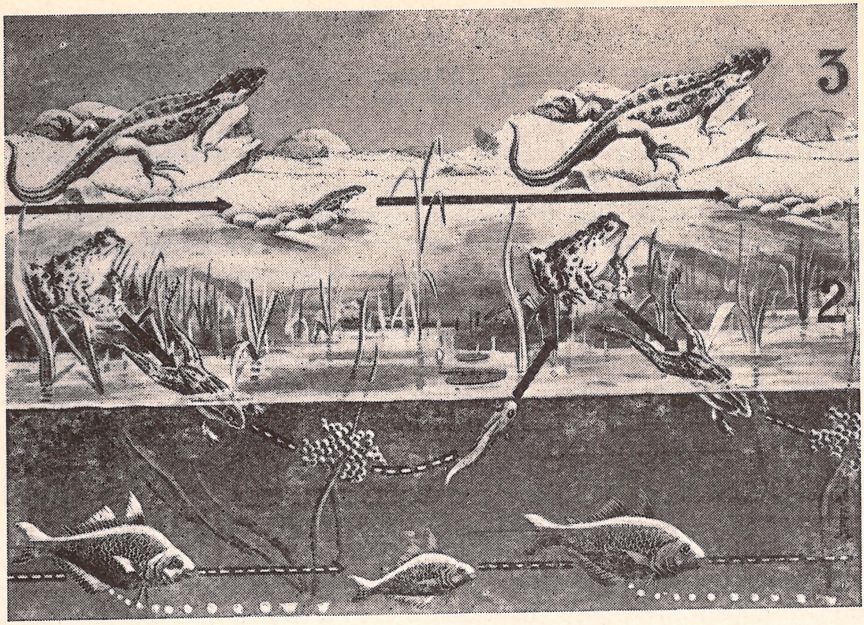


Fig. 188 — A DIFERENÇA ENTRE O PEIXE, O ANFÍBIO E O REPTIL. 1) O peixe (em baixo) vive permanentemente na água. 2) O anfíbio (no centro) põe os ovos sem casca na água, porque as suas larvas têm de viver nela, com respiração branquial. 3) O reptil (em cima) põe os ovos com casca em terra firme e, em conseqüência, pode viver nela sem interrupção.

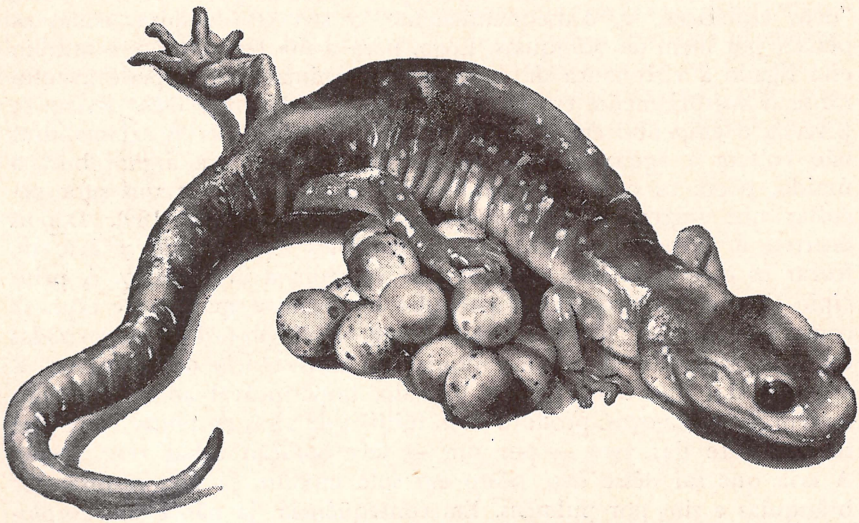


Fig. 189a — A CASCA DE ÔVO — MODÊLO DEVONIANO. Muitos anfíbios se emancipam da água, regando os ovos com suor e urina.

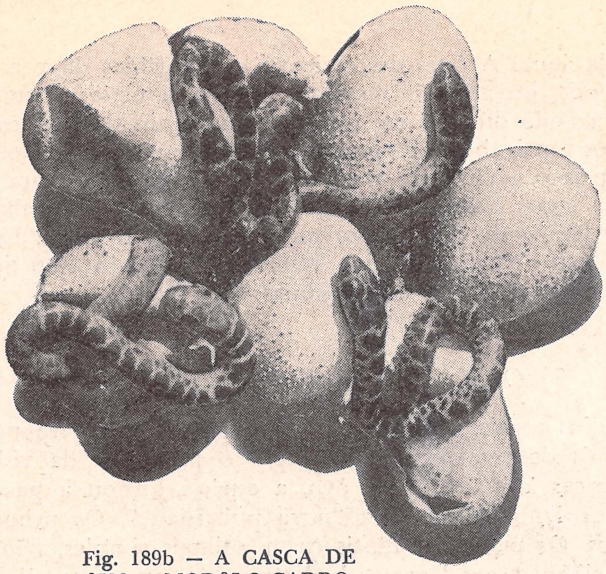


Fig. 189b — A CASCA DE ÔVO — MODÊLO CARBONÍFERO. Os reptis inventam a capa de pergaminho que lhes permite chocar em terra.

Fig. 189c — A CASCA DE ÔVO — MODÊLO JURÁSSICO. As aves excogitam a arte de calcificar a capa de pergaminho e criam o ôvo "moderno", refratário à evaporação.

emancipar-se da água. A êstes descendentes dos anfíbios dá-se a denominação de reptis, ou animais rasteiros, embora a maior parte dêles não rasteje. Havendo dúvidas em classificar um animal entre os anfíbios ou entre os reptis, basta perguntar: "Êle põe os ovos em terra ou na água?" A perereca vive, em verdade, nas moitas; mas, para a desova, regressa à água. Logo, é um anfíbio. A tartaruga marinha vive no oceano; no tempo da desova, porém, arrasta-se para terra. Logo, é um reptil. É a natureza do ôvo que determina a classificação do animal na família dos reptis ou dos anfíbios (Fig. 188, 3).

2) O *"Imperium Reptiliorum"*

Na história dos reptis, repete-se o ritmo, já familiar para nós, da evolução. Depois de resolver em princípio o problema da vida em terra firme, graças à invenção do ôvo, a espécie tornou a passar — em sentido goethiano — por uma "nova puberdade". Os primórdios foram modestos. Os primeiros reptis eram animais simples, não especializados, semelhantes aos lagartos hodiernos e a pequenos aligatores. Nada denotava as energias latentes no seu plasma. O plasma, porém, é dinamite. Os gens são como fósforos na caixa, à espera da centelha que os faça deflagrar. A chama explode então, aquecendo, iluminando, abrasando, avassalando. Como isso ocorreu em pormenor e como redundou em estender até aos limites do possível um império colossal de tipos mais e mais gigantescos e extravagantes, é o que não sabemos. Os nossos conhecimentos ainda são incipientes, e as descobertas ainda escassas. Só em 1950 se encontrou, na região norte-americana de Wyoming, o presumível animal-estípite dos grandes reptis denominados "sáurios", um ser com cêrca de dois metros de comprimento, cujos restos se consideravam tão preciosos que, em vez de serem escavados peça por peça no lugar onde haviam sido descobertos, foi enviada a massa tôda a Nova York, em blocos separados com precaução extrema. À semelhança do que fizeram os paleontólogos noruegueses com outros fósseis, os peixes encouraçados, pesquisou-se por microtomia a estrutura anatômica dêsse primeiro sáurio, analisaram-se os resíduos existentes no seu aparelho digestivo então, em vez das hipóteses anteriores, conseguiu-se esboçar uma imagem plausível do modo de vida dêsses animais. Até aí, tivéramos de contentar-nos com a verificação de que nos reptis — que atualmente conhecemos como sêres passivos e não como animais criadores — deve ter agido nos primórdios da sua existência uma vitalidade explosiva, aliada a todos os característicos duma espécie progressista, ambiciosa, curiosa, sedenta de aventura. Um animal, cujos antepassados rastejavam no lôdo, não pode conquistar a terra, o mar e o ar, tornar-se colosso e rapace, animal de corrida e animal voador, peixe e ave, se não pulsarem nêle, com fôrça vital, o ímpeto e o espírito, o senso da aventura e o gôsto pela transformação (veja-se a figura 197). O reptil primitivo, do tamanho dum braço, deu

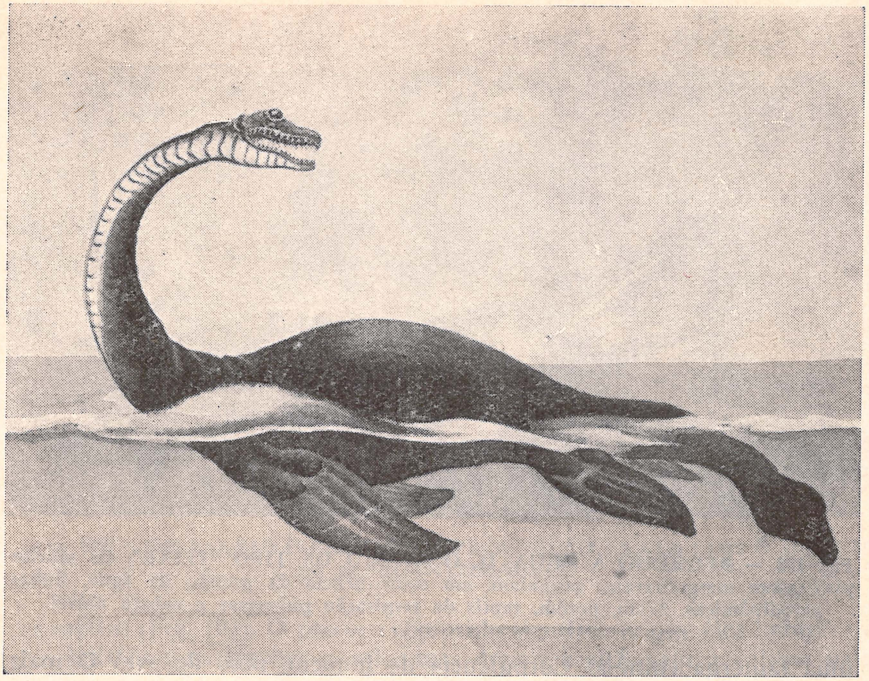


Fig. 190 — REGRESSO À ÁGUA, I. O SÁURIO DE TIPO "CISNE", que nadava, graças a um grande deslocamento d'água, e utilizava o pescoço comprido para pescar.

origem ao brontossauro, com vinte e sete metros de comprimento, trinta toneladas de pêso e uma cauda capaz de arrasar uma aldeia. Espichando para o alto, aí temos o apatossauro, com sete metros de altura, bôca de pá mecânica e garras adequadas para matar um homem, como se mata uma môsca, simplesmente com um piparote (Fig. 197, 3). Emergiram das ondas as fauces do ictiossauro, apropriadas para abocanhar tubarões como se fôssem sardinhas (Fig. 191). Acima da crista das vagas, balançava-se o pescoço esguio dum sáurio-cisne, com uma cauda de quinze metros de comprimento e a faculdade de girar em tôrno de si olhos do tamanho dum prato — o Cila de Homero, a cuja vista os companheiros de Ulisses, desanimados, largaram os remos (Fig. 190). As criaturas mais extraordinárias eram, no entanto, os sáurios alados, espécies de morcegos com asas de oito metros de largura, esvoaçando no espaço, a testa armada duma quilha para cortar os ares e, abaixo dela, dum bico de cegonha para pescar peixes no mar (Fig. 199, 3). Foram sem dúvida horrendamente hediondos, com jeito de galinhas fugidas da assadeira do cozinheiro. Mas, belos ou não, que milagre do plasma, a transformação do atarracado reptil primitivo nesses dragões de papel com ossos frágeis como fósforos e crânio delgado como

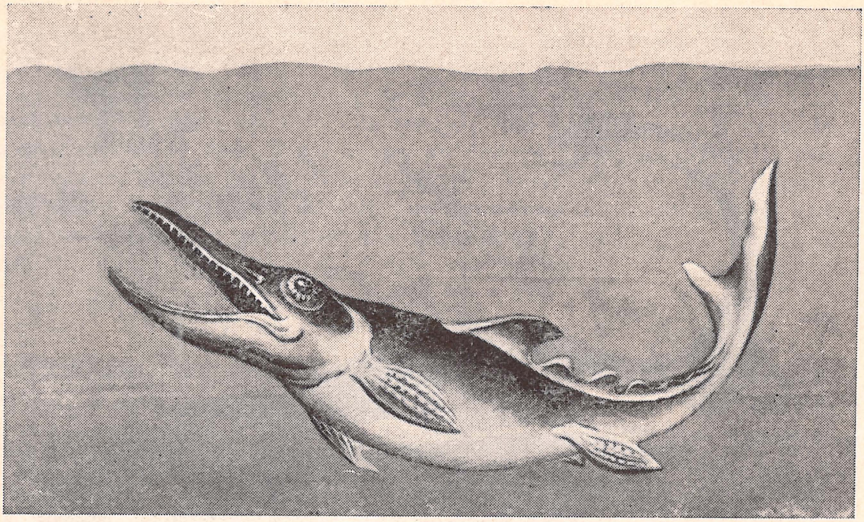


Fig. 191 — REGRESSO À ÁGUA, II. O SÁURIO DE TIPO "PEIXE". Os sáurios pisciformes mergulhavam; assumiam, em conseqüência da pressão da água, linhas aerodinâmicas. Eram, porém, reptis de respiração pulmonar e cabeça móvel.

uma lanterna chinesa! Corpulência de homem, pêso de ave! O mais gigantesco, porém, foi o tipo em cuja pele uma lança se espetaria tanto quanto um alfinête no couro dum elefante. Se um caçador humano o visasse com a espingarda o bicho se voltaria, soprando, furioso: "Como te atreves, anão da posteriodade, a defrontar-me, tu, cuja Bíblia — depois de eternidades — ainda me citará com reverência, chamando-me "behemot"? Ser algum, antes de mim, teve o meu porte; nenhum o terá depois de mim. Animal virá que chamarás com orgulho mamute, ao pé de mim mal pareceria um cão; e o vosso búfalo não passaria dum cachorrinho. No museu, o conservador que mede os meus ossos ainda tremerá, ao passar debaixo do meu esqueleto; e considerar-me-á o maior animal de todos os tempos. Gigantossauro é o meu nome" (Fig. 192).

3) Os reptis gigantescos extinguem-se

Não sabemos até hoje como viviam os sáurios. Na figura 193, a sua vida está ilustrada, de acôrdo com as teorias modernas, como existência em charcos. É discutível, porém, a tese de poderem viver criaturas tão maciças em banhados. Recentemente, formulou-se a teoria de serem, naqueles tempos, as marés enchentes e vazantes muito mais fortes e não em ritmo de horas, mas de "grandes períodos", sucedendo-se à distância de semanas também se aventou que os sáurios fôssem animais

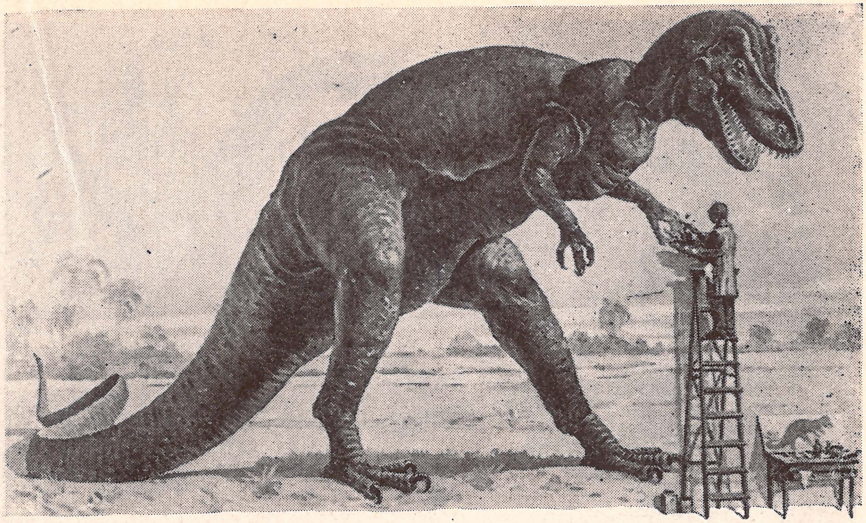


Fig. 192 — UM SÁURIO COLOSSAL EM PROPORÇÃO EXATA COM O HOMEM: O GIGANTOSSAURO.

costeiros (Fig. 194). O pescoço comprido significaria que êles habitavam os baixios e escavavam o solo, mas depois espichavam a cabeça para respirar; provàvelmente muitos dêles nadavam abaixo da superfície e respiravam por meio de trombas. Essas figuras atestam a incerteza dos conhecimentos e a amplidão das especulações humanas.

Após uma época áurea duns cem milhões de anos, a espécie gigantesca pereceu. Muitos debates se travaram sôbre as causas da ascensão e do declínio dos sáurios. Para quê? Duzentos milhões de anos não bastam para o domínio universal duma espécie, e cem milhões para o despotismo de gigantes? O próprio Olimpo não está vazio? E não é uma ruína o Erecteion? Por que esperamos que qualquer espécie seja imortal? Murcharam as florestas oceânicas de lírios do mar; e as amonites, de conchas do tamanho das rodas dos nossos tratores, também morreram. As libélulas das matas carboníferas, com asas de metros de envergadura, já não zumbem; e, pouco antes da nossa era, o último mamute morreu congelado. A ninguém ocorreu a idéia de perguntar: "Por quê?" pois todos sabem que tudo o que é mortal está sujeito a morrer. Não é uma necessidade o aparecimento de criaturas, porque nenhum animal *tem* de existir forçosamente; tampouco são necessárias causas para a extinção das espécies. Morrem as famílias, extinguem-se os povos, as raças; assim desapareceram os sáurios — depressa, a nosso ver, porque estão muito afastados de nós, no tempo e, a cem milhões de anos de distância, dez milhões de anos se nos afiguram uma ninharia. Naturalmente certas causas devem ter contribuído, e a figura 194 ilustra algumas das teorias sôbre a extinção dos sáurios. A época do seu desaparecimento foi um

Fig. 193 — COMO VIVIAM OS SÁURIOS, SEGUNDO AS TEORIAS ACATADAS ATÉ HÁ POUCO. Eram, em grande parte, animais palustres. Daí o pescoço alongado, a pele grossa, os membros maciços, a cabeça pesada, e chifres que lhes permitiam atravessar a vegetação espêssa.

período de grande atividade vulcânica; as torrentes de lava, as chuvas de pedra-pomes tornaram talvez inabitáveis aos animais vastas zonas do globo (1). As cinzas vulcânicas, que notòriamente ficam pairando a grande altura, podem ter eclipsado o sol, durante séculos, prejudicando a produção de substâncias comestíveis. As inundações, que não raro sucedem às catástrofes vulcânicas, submergiram possìvelmente regiões inteiras; inversamente, fendendo-se a terra, os rios sumiram-se pelas rachas e grandes zonas tiveram o seu solo crestado pela estiagem (2). Ligou-se a extinção dos sáurios ao desaparecimento dos fetos. Os fetos contêm óleos laxativos e, com a sua folhagem, a espécie dos gigantes perdeu sum dúvida um purgativo adequado. Os grão-senhores tornaram-se rabugentos, avessos à luta e ao amor; e assim teriam sucumbido inglòriamente à prisão de ventre. Pensou-se também nas mudanças de clima, em períodos glaciários aos quais os reptis gigantes de sangue frio deviam ser particularmente sensíveis, já que não poderiam recolher-se, como os animais menores, a tocas e outros abrigos

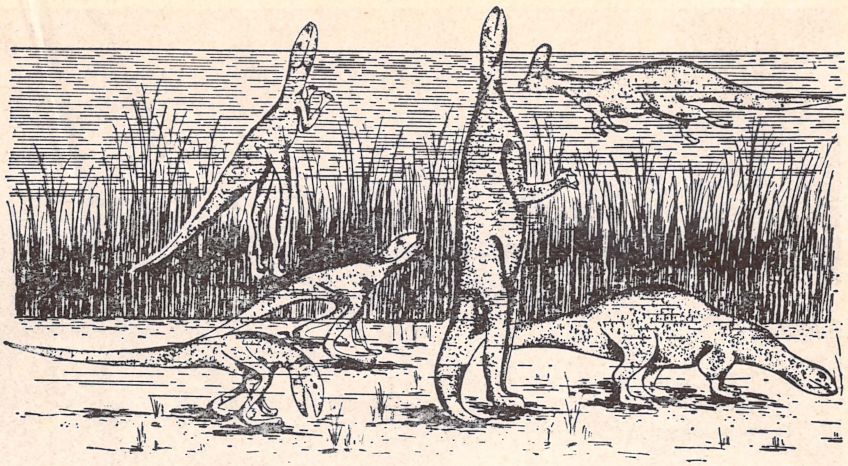


Fig. 194 — VIDA DOS SÁURIOS, SEGUNDO UMA DAS HIPÓTESES MAIS RECENTES. Os sáurios viviam presumìvelmente em baixios e pulavam para o alto a fim de respirar (à esquerda); ou esticavam o pescoço (à direita). Muitos flutuavam e respiravam por uma tromba (à direita, no alto). (Composição inspirada nas ilustrações dos "Dinossauros", de Wilfahrt).

(3). A morte dos colossos favoreceu o advento dos pigmeus, recém-aparecidos em forma de mamíferos primitivos, um tanto parecidos com os ratos da atualidade. Êsses roedores não se limitavam por certo a devorar os cadáveres; roíam também o corpo vivo dos colossos, quando êstes caíam em estado de fraqueza. Podiam, além disto, aninhar-se nos ovos dos sáurios, que deviam ser panelas ideais para a mãe e a cria — ovos de sáurios, berços de mamíferos (5). Como se não bastassem as causas terrestres, atribuiu-se até aos astros uma contribuição para libertar o globo da hegemonia dos gigantes. Uma "supernova" teria irradiado as suas ondas curtas para o nosso planêta. Enquanto as criaturas menores resistiam nas suas tocas à irradiação perigosa, os colossos ficavam à sua mercê e pereciam — uma estrêla, esterilizando os sáurios! É um prazer passear nesta galeria de hipóteses — hipóteses desnecessárias. Os sáurios morreram, como tudo morre. Não houve "helenos" depois de Alexandre, nem "italianos" depois de Ticiano; e, com o último alento de Rubens, expirou a pintura européia. A grandeza vem, a grandeza vai. Com os sáurios, encerrou-se uma grande época criadora da história da vida terrestre: o barroco da zoologia.

4) Os mesquinhos remanescentes atuais

Entenderemos fàcilmente os reptis da atualidade, se encontrarmos a fórmula: êles constam dos tipos fugitivos: o contingente que fugiu das aves e dos mamíferos para lugar seguro onde os seus componentes fôssem invisíveis (Fig. 197, 4). Nas regiões limpas, já não se vêem

Fig. 195 — ASSIM MORRERAM OS SÁURIOS. Cinco causas hipotéticas do desaparecimento dos sáurios: 1) Catástrofes vulcânicas. 2) Estiagem. 3) Períodos glaciários. 4) Advento dos mamíferos. 5) Destruição dos ovos pelos ratos.

reptis. Os dragões gigantescos, de cujas narinas jorravam chamas e em cujo sangue se tonificavam os heróis, reduziram-se a varanos e lagartos que não se atrevem a afastar-se mais dum par de metros do seu esconderijo; o camaleão refugiou-se nas árvores; anda sem fazer barulho, tanto que o vemos aparecer como um fantasma; move-se tão devagar, que mereceria ser considerado o inventor da câmara lenta. As serpentes habituaram-se de tal maneira a enroscar-se e a rastejar, que se arrastam sôbre o abdome e perderam braços e pernas. Avançaram tanto no caminho de reverter ao verme, que as poderíamos chamar vermes vertebrados. A coluna vertebral, de que são dotadas para o movimento, atinge nelas o recorde em comprimento e flexibilidade: pode ter quatrocentas vértebras! A serpente é o "mais vertebrado" dos animais vertebrados (Fig. 196). Em compensação, as tartarugas enconcharam-se tanto, que fariam jus à denominação de mariscos vertebrados. Contudo, as grandes aves de rapina levam com elas a melhor. A águia quebra-lhes a concha, largando-as de grande altura — o que já era sabido pelos gregos da Antiguidade. Aristófanes, o

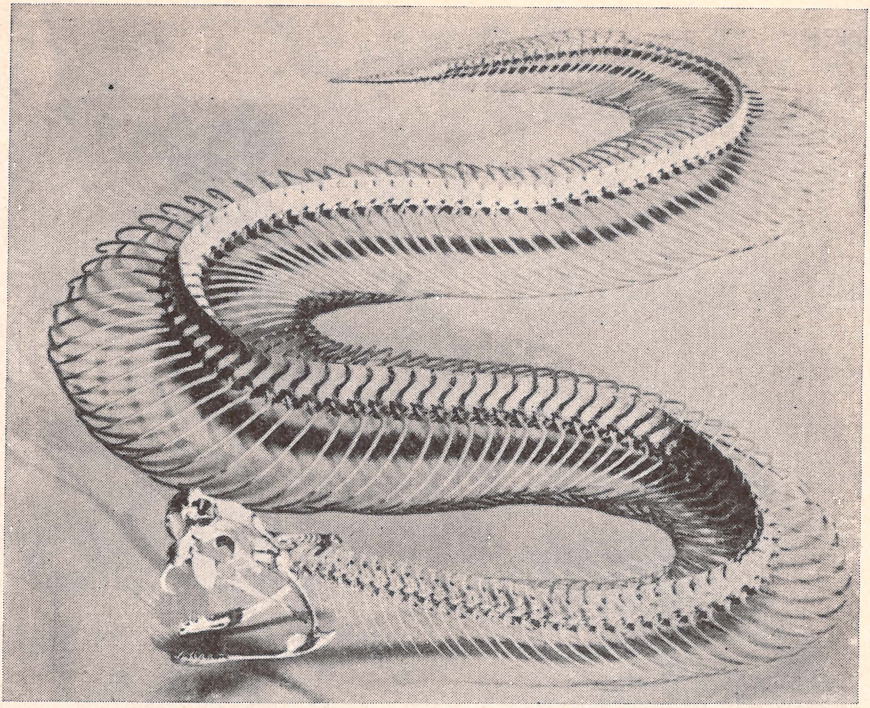


Fig. 196 — O MAIS VERTEBRADO DOS VERTEBRADOS: A SERPENTE. (Fotografia do Museu Americano de História Natural, Nova York).

ferino maldizente, não se limitou a pôr Sócrates nas nuvens; também caricaturou Esquilo, fazendo-o morrer nas praias da Sicília, enquanto contemplava o mar, num êxtase poético: uma águia, tomando das alturas a calva do grande trágico por um penhasco, deixou cair nela uma tartaruga. O único reptil que se conservou do tamanho dos seus antepassados é o crocodilo. Conseguiu conservar-se, porque se recolheu à estreita zona aonde não podem chegar nem os animais terrestres nem os animais aquáticos. É o mais fujão dos tipos fugitivos.

Apesar dos indícios incontestáveis de esgotamento, os reptis não são criaturas destituídas de inteligência nem de interêsse. É êste um conceito errôneo do homem dos climas nórdicos, onde o frio paralisa êsses animais. Observando-os em regiões meridionais, verifica-se que a tartaruga pode ser, anos a fio, moradora fiel duma casa e dum jardim; o camaleão é um hóspede quieto, em verdade, mas curioso. Graças ao seu dom de mudar de côr, executa uma verdadeira dança serpentina, como as bailarinas da dança do véu à luz cambiante dos refletores. Tal como a tartaruga, o camaleão é fiel a quem o trata bem. Não se deve, no entanto, procurá-lo nem esperar por êle. Nos primeiros meses, qualquer pessoa juraria em casa que êle se escapulira; com efeito,

Fig. 197a — IMPERIUM REPTILIORUM. 1) Fundação. 2) Ascensão.

Fig. 197b — IMPERIUM REPTILIORUM. 3) Domínio Universal. 4) Decadência.

embora caçado pela família inteira, ninguém o encontrara; e não lhe faltara ensejo para se esgueirar pelo pátio ou pelo terraço. Mas uma noite, estando o dono sentado à secretária, com o pensamento perdido lá longe em Saturno, o bicho apareceu, tão de repente de tirar o fôlego, imóvel na beira da mesa como um fantasma, a pata dianteira erguida, espreitando com os seus olhos móveis, um dos quais pode girar para cima à direita, e o outro para baixo, à esquerda. Um brilho rosado matizava-lhe a pele verde escura, em sinal de cumprimento. Passando depois, diante do reposteiro azul, o camaleão logo lhe tomou a côr. Cinco minutos mais tarde, com uma presteza que ninguém atribuiria a êsse animal — câmara lenta fantasmal — a língua de fora, como haste de besta, envisgava nela a môsca e, numa fração de segundo, a recolheu à larga tampa de caixa de correspondência que é a sua bôca.

Do pequeno lagarto alado da Austrália, o que há a dizer é que êsse reptil pode evidenciar um temperamento capaz de pôr o próprio homem em situação penosa. Quando se enfurece, o lagarto volante ergue-se nas patas traseiras, incha a golilha de orla azul e alaranjada, escancara a bôca de goela côr de ocre, onde brilham duas filas de dentes aguçados, e põe-se a saltar e silvar (Fig. 198, 1). Os machos engalfinham-se pelas fêmeas, como os espadachins da Idade Média, utilizando como arma as longas caudas (2). O vencedor apossa-se orgulhosamente da beldade conquistada, enquanto o vencido — imagem primitiva do pretendente rejeitado — se retira, envolvendo-se nas asas como numa opa (3). Acompanhando o vencedor, e, autêntica marota, a noivinha ainda se volta a espreitar o vencido. Teatro de reptis... O plasma é o mesmo, a vida é a mesma na terra; não há diferença entre o ator lagarto e o ator homem — em tudo o que é mortal, a fôrça que age é a mesma, e eterna.

Capítulo XVI

AS AVES

1) As escamas convertem-se em penas: surge o reptil alado: a ave

Viver é prazer; por isso vivem as criaturas. Voar é prazer; por isso os sêres voam. Não há outra razão para o vôo. A teoria de que os animais ou os homens voam, porque voar traz vantagens, é uma das costumadas explicações superficiais da natureza, excogitadas pela mentalidade mercantil dos homens do século XIX. Dédalo afivelou as asas, não porque não houvesse outro meio de transporte para a travessia do

Fig. 198 — O LAGARTO ALADO OU DRAGÃO, O EQUIVALENTE ANIMAL DO HOMEM DA ÉPOCA DOS STUARTS. 1) Namôro. 2) Duelo dos rivais. 3) Triunfo do vencedor e retirada lamentável do vencido.

Helesponto, mas porque êle era um "inventor de coisas belas" e, conseqüentemente, inventou — além da serra e do tôrno de oleiro — o vôo; como Leonardo da Vinci criou, além da "Madona dos Rochedos" e da "Orelha de Dionísio", submarinos e aviões, porque também era "um inventor de coisas belas".

Os animais voam, porque são "inventores de coisas belas". Os peixes que, sem nenhuma necessidade, inventaram lanternas e anzóis, baterias elétricas e bexigas natatórias, deixam-se erguer pelas ondas, arremessam-se sôbre as cristas das vagas e adejam, de barbatanas abertas, sôbre os vagalhões — o primeiro vôo planado dos animais dotados de coluna vertebral — sem proveito, sem necessidade, do mesmo modo que o homem, ao contrário, abandona o seu mundo de terra firme e se atira à água, do alto dum trampolim, por mero prazer de mergulhar e nadar (Fig. 199, 2). A conquista da terra firme pelos reptis despertou o interêsse pelo vôo, visto que êles desenvolveram numerosos modelos. Como na história da técnica humana, um dos primeiros tipos foi a pandorga, porque resolvia da maneira mais simples o problema de pairar na atmosfera, embora não fôsse aeronàuticamente a melhor solução. As asas largas da pandorga, imóveis ou com pouca faculdade de movimento, não carregam muito; em conseqüência, as asas-suportes tinham de ser grandes; e os corpos suportados, pequenos ou frágeis. De asas de oito metros de envergadura pendiam animais leves e quebradiços como bonecos de celulóide (3). Hoje fazemos pouco dêsses sáurios alados, qualificando-os de "estruturas defeituosas". Êles foram, porém, os primeiros aviões da história e, pelo espaço de cem milhões de anos, dominaram terras e mares. E realizaram, sem dúvida, proezas aviatórias que nada ficaram a dever às das cegonhas com as quais tinham certas parecenças.

Os sáurios alados não são os antepassados das nossas aves, embora elas também derivem de reptis — não dos dragões alados, mas doutra espécie essencialmente mais maciça. Esta espécie não voava com os dedos abertos à maneira dos morcegos; executava com os braços movimentos de remo e, em vez de desenvolver membranas interdigitais, mudou as escamas das extremidades anteriores em penas. Não conseguimos fazer idéia de como um reptil se transformou em ave; o certo é, porém, que isso aconteceu; em primeiro lugar, porque os fatos coincidem com essa teoria; em segundo lugar, porque se encontraram na ardósia de Solnhofen duas impressões duma ave que se situa exatamente no meio, entre um reptil sáurio e a ave dos nossos dias (Fig. 200, 3). Êsse animal ainda apresenta, debaixo da plumagem bem desenvolvida, as escamas dos reptis; ainda tem, como êstes, a longa cauda, com muitas vértebras, que se atrofiou na ave moderna; a cabeça também é de reptil, ainda provida de dentes; e, do ângulo anterior da asa, ainda despontam dedos. Êsse "archeopteryx" (pteryse alado) é de tal maneira uma estrutura ideal de "missing link", do "elo que falta" entre o reptil e a ave, que se tem dito com razão: nunca um teórico teria coragem de inventar semelhante animal, pois qualquer o

Fig. 199 — VOAR É UM PRAZER, TUDO VOA! 1) Insetos; 2) Peixes; 3) Reptis, de que evolveram reptis-aves e aves; 4) Mamíferos, dentre os quais podem voar o morcêgo e o homem.

Fig. 200 — DE REPTIL A AVE. As aves são "reptis vestidos de penas". 1) Os antepassados das aves eram animais trepadores semelhantes a lagartos. 2) A hipotética Pro-Avis. 3) A ave primitiva *archeopteryx*, do tamanho de uma pomba, com penas, dentes, dedos e cauda de reptil. 4) A ave dos nossos dias.

tomaria pela visão dum fantasista. Efetivamente, quando se descobriram as impressões, os cépticos as qualificaram de embuste. Mas o animal viveu e, em todo museu, existe hoje o fac-símile do fóssil famoso, como prova de que o inverossímil pode ser verdade. A ave de sangue quente, coberta de penas coloridas, dotada da faculdade de voar na atmosfera e de cantar na ramagem, descende do reptil mudo, de sangue frio, de corpo revestido de escamas e adstrito a rastejar em terra.

2) Os doze característicos da ave

As aves da atualidade distinguem-se pelos doze característicos seguintes:

1) *A ave é bípede.* É o bípede mais completo (Fig. 201, 6). O homem, descendente de animais trepadores, só penosamente se equilibra em superfícies planas. Não vem ao mundo com a faculdade inata de caminhar; a criança precisa de anos, para assimilar a técnica de andar. Estar de pé e caminhar são para o homem, durante a vida, um pêso contrário à sua natureza; tanto que, para viver confortàvelmente, nada lhe é tão necessário como a cadeira e a cama. Para manter de pé um esqueleto humano, é preciso pendurá-lo. O pintainho, pelo contrário, começa a correr com a casca do ôvo às costas; não precisa de cadeira para descansar nem de cama para dormir. Um canário vive dez anos numa gaiola, sem se sentar uma única vez; e, quando o faz, é sinal de que o passarinho quer chocar, ou vai morrer. A condição ideal de bípede da ave explica-se com o segundo característico.

2) *Esqueleto contraído.* Compare-se, na gravura 200, o esqueleto 1 do reptil, típico de todos os animais vertebrados cursores, ao esqueleto 4 do papagaio. Na ave, as vértebras do tronco ligaram-se numa peça maciça. A bacia é uma concha onde se alojam as vísceras; o esterno, um escudo que as protege. Em virtude da pressão das vísceras na bacia, o centro de gravidade do corpo da ave está situado muito baixo. Daí advém ao animal voador, como a uma embarcação bem carregada, a estabilidade.

3) *A supressão da cauda.* É possível fazer um bom caldo de rabada de boi; ninguém poderá fazer caldo de rabo de galinha, porque a ave reduziu a longa cauda vertebrada, que ainda caracterizava o *archeopteryx,* às dimensões dum côto. Apresenta, em compensação, um pescoço comprido. Êste contraste: rabo curto, pescoço comprido é típico das aves. A ave precisa de pescoço comprido, a fim de que a sua cabeça, que pela sua condição de bípede tem de estar levantada, possa tocar a terra. Em conseqüência, as aves têm pescoço tanto mais comprido, quanto mais altas forem as suas pernas.

4) *As Asas.* A ave transformou os braços em asas; e as escamas tornaram-se penas compridas — uma transformação de cujo andamento os nossos conhecimentos atuais não nos permitem fazer idéia, mas que

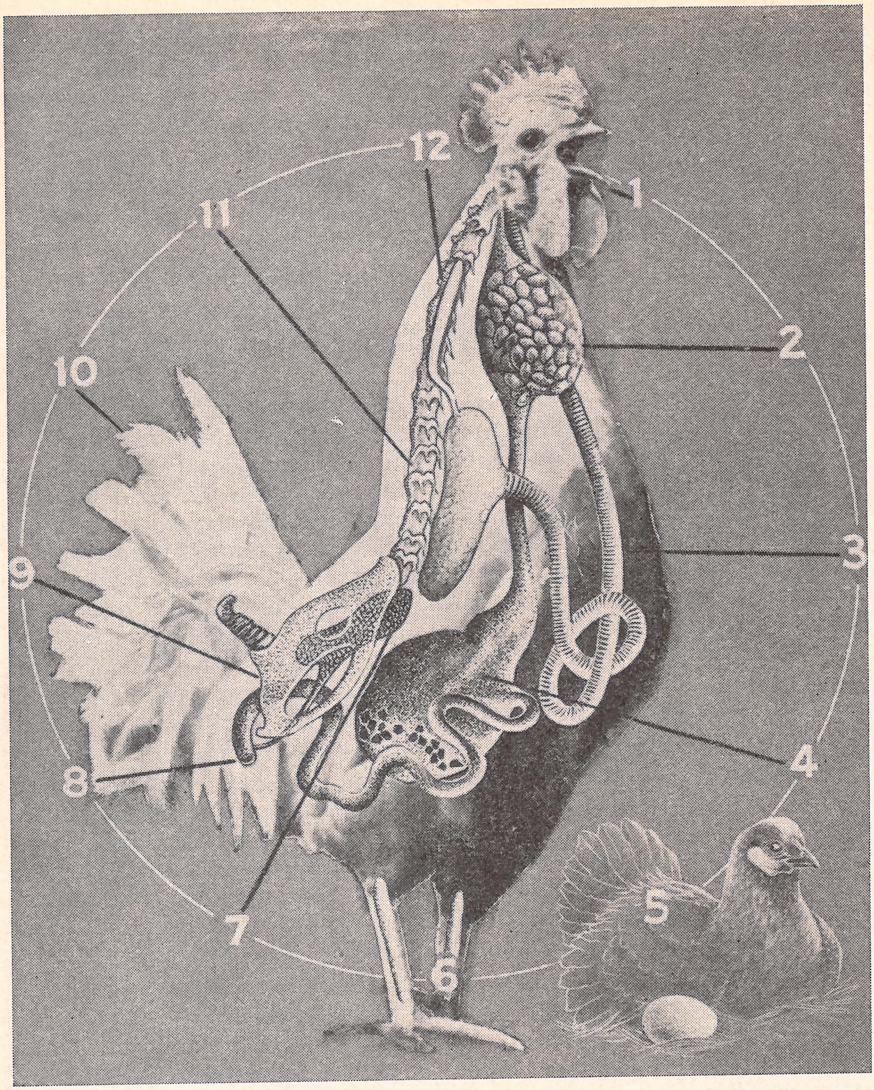


Fig. 201 — OS DOZE CARACTERÍSTICOS DA AVE. 1) Bico sem dentes. 2) Papo. 3) Traquéia em forma de trombeta. 4) Estômago muscular. 5) Postura de ovos. 6) A ave é bípede. 7) Rim unilateral (supressão de todo órgão supérfluo). 8) Cloaca. 9) Esqueleto rígido engavetado. 10) Penas. 11) Longa coluna de vértebras cervicais. 12) Bôlsas de ar nos ossos.

se operou decerto no período que mediou entre o reptil e o *archeopteryx*. Graças ao uso exclusivo dos braços para voar, os dedos atrofiaram-se e a ave perdeu o seu órgão preênsil. Para imaginarmos como vive uma ave, cruzemos as mãos nas costas; a ave passa a vida sem mãos. Tudo o que faz, tem de ser feito com os pés, ou com a cabeça; tanto mais prodigiosa é, pois, a arte com que ela faz o ninho. Aplica-se-lhe à maravilha a conhecida frase de Lessing: "Rafael seria um grande pintor, ainda que nascesse sem braços".

5) *Ossos ocos e bôlsas de ar.* Para diminuir o seu pêso, a ave reduz quanto possível o material dos seus ossos. As placas ósseas do seu crânio são finas como pergaminho. Um pelicano pesa vinte e cinco libras; mas os seus ossos reunidos não pesam mais do que uma libra. A ave aproveita as cavidades dos ossos, para a inserção de bôlsas de ar, que podem ser inchadas pelos pulmões (12). Na história do reino animal, as bôlsas de ar se nos deparam três vêzes: nos insetos, nos peixes e nas aves, isto é, nos animais que se movem no espaço de três dimensões. O pássaro ferido, com os pulmões cheios de sangue que o inibe de respirar, não morre asfixiado. Os sofrimentos do pobre animal prolongam-se, porque êle respira através dos ossos quebrados das asas.

6) *O bico sem dentes.* Os próprios dentes são sacrificados ao princípio de aliviar o pêso do corpo. O *archeopteryx* (Fig. 200, 3) ainda era dotado de dentes, como os reptis. Os dentes exigem, porém, pedestais sólidos: os maxilares. Em conseqüência, foram alijados como lastro; e a ave corta o ar com um bico sem dentes, orlado de mandíbulas córneas (1). Esta é a explicação atual, segundo o princípio da utilidade. É lícito duvidar de que seja a verdadeira. Como a ave o utiliza para muitos fins, o bico toma formas peculiares, condicionadas ao modo de vida do animal; uma coleção de bicos de ave é um mostruário de instrumentos: do longo aspirador do colibri, à sacola do pelicano; desde a larga colher do pato, até ao quebra-nozes do papagaio.

7) *O papo.* Como não tem dentes, a ave não mastiga; engole o alimento, sem mastigar. A trituração faz-se depois, no estômago ou, antes dêle, no esôfago para êsse fim dilatado ou reforçado em papo (2).

8) *A moela.* Não sendo mastigada na bôca, a alimentação tem de ser triturada no estômago, dividido de maneira típica em estômago de humores e estômago de energia, com a espêssa parede muscular: a moela, que nós saboreamos gostosamente (4). Ao abrir a moela, a cozinheira encontra-lhe pedras no interior. Não são seixinhos que a galinha engole casualmente; as pedras na moela da galinha são os dentes que faltam ao bico; são uma dentadura engolida. Privada de engolir essas pedras, a galinha passa a sofrer, como o homem desdentado, de perturbações digestivas.

9) *Supressão de todos os órgãos duplos dispensáveis.* Para aliviar o pêso do corpo, atrofiam-se, na ave, os órgãos de que é dotada, em virtude da simetria bilateral, mas que pode dispensar. A ave tem só um rim; as fêmeas, apenas um ovário. A bexiga, recipiente prático,

porém não indispensável à vida, não existe; a urina é despejada no intestino grosso, cuja abertura se denomina cloaca (8). Os testículos dos machos são tão miúdos que só aparecem no período do cio, durante o qual aumentam vinte mil vêzes de volume. Também faltam os órgãos genitais externos. O macho preme simplesmente a cloaca de encontro à da fêmea.

10) *Postura de ovos.* Para não sobrecarregar o corpo com a cria, a ave conservou o costume dos reptis de pôr ovos. Há peixes, reptis e mamíferos que geram filhotes vivos. Nenhuma ave o faz. As que são boas voadoras põem poucos ovos e de tamanho diminuto, enquanto os das aves cursoras atingem as dimensões do ôvo de avestruz. Os ovos da ave gigantesca, ora extinta, "apiornis", dos quais restam cêrca de vinte e cinco, pesam vazios mais de cinco libras e têm uma capacidade de nove litros, isto é, cento e cinqüenta vêzes maior do que a do ôvo de galinha. Constituem raridades muito cotadas, cujo preço ultrapassa os mil francos. Três vêzes mais se tem oferecido pelos ovos doutra ave extinta: a alca gigante.

11) *Alta temperatura do sangue e número elevado de glóbulos sanguíneos.* Um característico singular da ave, descendente dos reptis de sangue frio, são a alta temperatura do sangue, a rapidez das pulsações cardíacas e o número elevado de glóbulos sanguíneos. Segundo o conceito humano, deveríamos dizer que a ave vive em estado febril permanente. Eis um exemplo marcante de que a antiga teoria: na natureza, os progressos se operam de maneira lenta e gradual vale como regra e não absolutamente como lei. O contraste entre ave e reptil, na temperatura, na rapidez das reações, na índole e no modo de vida, é tão brusco e contradiz de tal maneira o caráter conservador do reptil, que a ninguém ocorreria a idéia de ser a ave um reptil revestido de penas, se não o demonstrassem irrefutàvelmente a história e a anatomia.

12) *As penas.* O único e verdadeiro característico exclusivo das aves e próprio de tôda ave sem exceção, o traço distintivo que, conseqüentemente e de modo inequívoco, logo caracteriza como ave o seu portador, são as penas (10). Os peixes e os reptis apresentam escamas; os mamíferos, pêlos; as aves, penas. A escama é a mãe dos pêlos e das penas; e a pena, a mais bem desenvolvida destas três formas. Com efeito, enquanto as escamas e os pêlos formam apenas órgãos passivos de proteção, as penas são, não sòmente os planos de sustentação do avião-ave, mas também o seu propulsor. Basta-nos ter na mão qualquer pena, para nos enlevarmos nessa coisa "leve como uma pena" e, no entanto, quase inatacável. Quer a encaremos como artista quer como técnico, a surprêsa é sempre a mesma: com que meios simples, a natureza realizou uma das suas maiores criações! Valendo-nos duma lupa, descobrem-se sutilezas e belezas de que os olhos absolutamente nem desconfiam (Fig. 202). Numa pena bem desenvolvida, contam-se, no eixo principal ou raque, mais de seiscentas ramificações ou barbas;

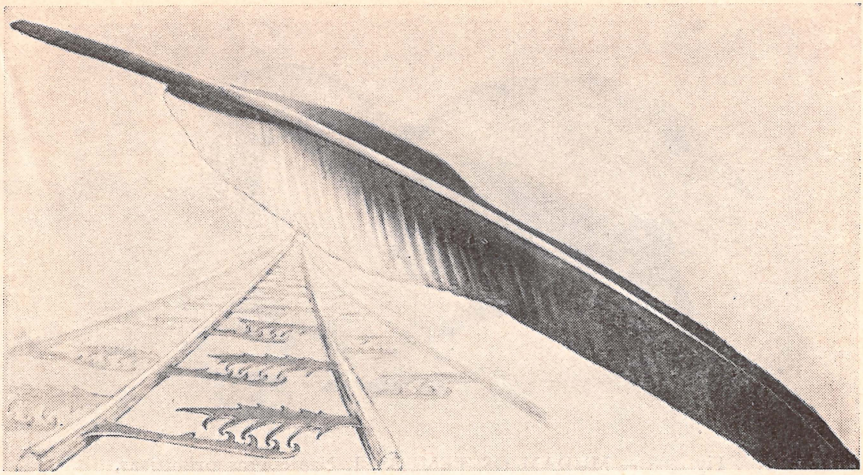


Fig. 202 — A PENA. Nascem do raque da pena cêrca de seiscentas ramificações ou barbas que, à semelhança dos trilhos duma via férrea, convergem para nós. Cada ramificação suporta cêrca de seiscentos raios laterais, ou bárbulas análogas aos dormentes que unem os trilhos. As bárbulas são enganchadas por "cílios", de modo que a pena forme um leque resistente ao vento.

em cada uma destas mais de seiscentos filamentos ou *bárbulas*, com dezenas de "cílios" em cada uma; e, em cada cílio, mais de quinhentos ganchos. Na armadura duma pena, engrenam-se várias centenas de milhões de ganchos córneos e são centenas, dispostas artìsticamente em leque, as penas que revestem o corpo duma ave,

"... quando acima de nós, perdida no espaço azul,
a cotovia gorjeia o seu canto sonoro;
quando, sôbre os pinheirais severos,
adeja a águia, de asas desdobradas;
quando o grou, *sobrevoando pradarias e águas,*
regressa à pátria".

3) Os seis tipos de aves

Seria lícito crer que, depois de aprender a arte difícil do vôo, a criatura conservasse zelosamente essa conquista. Mas a história e a história da natureza não conhecem lógica. A verdade é que numerosas aves, desistindo de voar, tornaram-se animais terrestres e até aquáticos. Em fins do período jurássico, isto é, há cêrca de cento e cinqüenta milhões de anos, viveu a ave gigantesca, "diatrima" do porte dum camelo, de maneira que já o pêso do corpo a inibiria do voar; além disto, as asas se lhe haviam atrofiado. É com essa rapidez que se sucedem, na

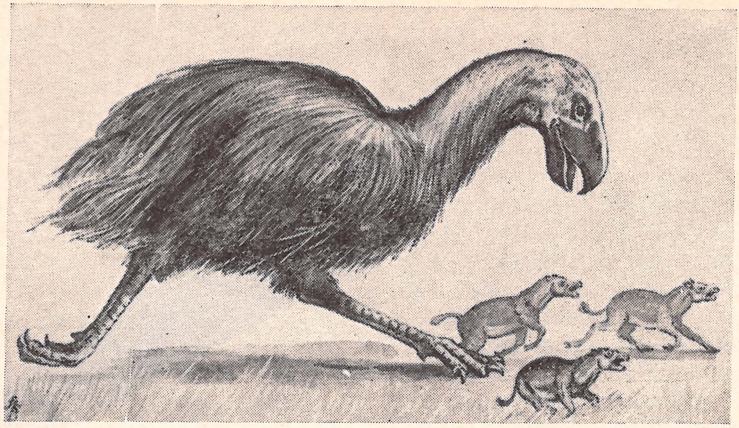


Fig. 203 — MUDAM OS TEMPOS, I. Nas épocas primitivas, as aves gigantes afugentavam os cavalos nanicos.

história, evolução e involução. O cavalo era outrora do tamanho do cão, e as aves tinham as dimensões dos cavalos de hoje (Figs. 203 e 204). O *hesperornis* foi um mergulhão, mais afastado do plano original do ser alado do que qualquer ave dos nossos dias. Só sabia nadar; movia-se em terra com dificuldade, tanto quanto uma foca. Algumas dessas aves gigantescas chegaram até aos tempos históricos. Não há quem não se lembre, graças a Marco Pólo, do *roch* ou *rukh,* ave que vivia, há poucos séculos, na ilha bem protegida de Madagáscar, e da qual ainda restam ovos. Na Nova Zelândia, na época em que os europeus penetraram naquela região, ainda existia a ave colossal *moa,* de quatro metros de altura. Descendentes dessas antigas aves cursoras são as avestruzes; e certas aves das longínquas ilhas Falkland constituem a prova da transição de ave cursora para ave nadadora. A biogênese demonstra que noutro tempo essas aves voavam. Ainda voam, com efeito, na primeira idade; mas, depois da primeira muda de penas, estas são substituídas por escamas e, a partir daí, a ave passa a ser exímia nadadora, capaz de percorrer vinte quilômetros por hora. O cormorão, ave adestrável para a caça aquática, é tão bom mergulhador que, certa vez, um dêles caiu numa armadilha para caranguejos, colocada a quarenta metros de profundidade. Portanto, as aves se desviaram do caminho trilhado originàriamente pelos antepassados, porque a história não tem "finalidade". Pode seguir uma linha reta; a êsses caminhos diretos é que denominamos "finalidade da história". Com muita freqüência, ela não segue a linha reta e muito menos em rumo vertical para cima; desvia-se lateralmente, desgarra-se, e os restos malogrados são catalogados como degeneração — o que é, no entanto, uma avaliação errônea. As degenerações, os meandros na areia ou os caminhos que se perdem na escuridão, são a regra; a linha reta é a

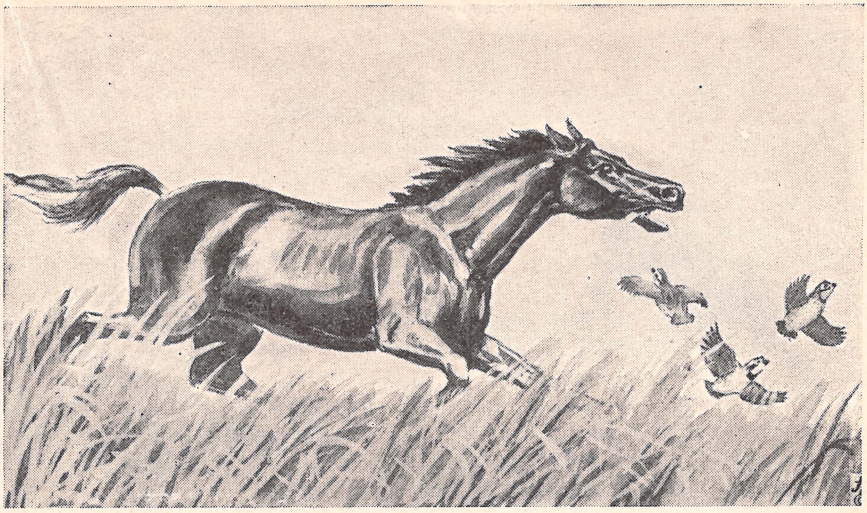


Fig. 204 — MUDAM OS TEMPOS, II. Nos nossos dias, as aves nanicas fogem dos cavalos de grande porte.

exceção. Ocorre na natureza o que se dá na vida humana. O chefe da família funda uma "existência garantida" sonhando que os filhos, e mais tarde os netos, continuem "o negócio florescente". Desbravou-lhes tão bem o caminho! Mas como é a vida? O filho não quer saber da emprêsa encaminhada, da clientela rica, da carreira feita. Em meio dos estudos, vende os livros, telegrafa ao pai e some-se. Cinco anos depois, está em Paris, no Quartier Latin, pintando quadros. Ou mete-se num navio mercante, sulca os mares do mundo e, embora as coisas não lhe corram a contento, persevera nesse caminho. É assim a vida humana, e assim é a história da natureza. Será forçoso voar, só porque se nasce ave? Porque assim faziam os antepassados? Existem aves que moram em tocas; outras nadam, outras ainda trepam; e um quarto grupo não faz coisa alguma (Fig. 205, à direita). Instaladas, como o europeu evadido da civilização, nas ilhas dos mares do Sul, em Taiti, contemplam o céu azul dos trópicos. Algumas são apenas vaidosas, dando ensejo a que se crie ao lado das aves voadoras, nadadoras, mergulhadoras, cursoras e trepadoras, outra classe: a das aves vaidosas. Os gregos demonstraram a sua ciência da natureza, até na idéia de pôr o pavão aos pés de Juno, como símbolo da vaidade. A ave do paraíso não é senão vaidosa. Passa o dia enfeitando-se, e manifesta abertamente a admiração que vota a si mesma. Não desce dos ramos, para que as suas plumas sedosas não toquem o solo. Se lhe derem a comida no chão, prefere passar fome a descer à terra. A única ocasião em que baixa do trono é o banho, duas vêzes por dia, após o qual a ave do paraíso se prepara, como a "diva" que tem de representar à noite o

Fig. 205 — OS SEIS TIPOS PRINCIPAIS DE AVES. Nem tôdas as aves conservaram o vôo, a arte original da sua espécie. Os pingüins mergulham; os cisnes e os patos nadam; as avestruzes correm; os papagaios trepam; a ave do paraíso exibe-se. A metade, se tanto, cultiva a arte de voar.

papel de protagonista na Ópera. Acabando de frisar a última das suas peninhas, convoca o vizindário, advertindo-o com gritos de que está ali para se expor à admiração. O primeiro europeu, que viu adejar sôbre a cabeça a "ave dos deuses", ficou tão fascinado, que não se atreveu a puxar o gatilho. Infelizmente, os que vieram depois não foram tão humanos. Empreenderam, com a cooperação dos nativos, uma campanha de destruição e um comércio ativo dos despojos da ave do paraíso. Êsse animal de luxo, em cuja criação a natureza trabalhou vinte milhões de anos, acondicionado em cêstos passou aos salões das modistas; o ser, que adejara como ave dos deuses nas plagas paradisíacas do Sul, entre o azul do mar e o azul do céu, passou a ornar, como enfeite prêso com alfinêtes, o penteado das freqüentadoras de espetáculos líricos, que puxam comovidas o lencinho, quando Mimi, ou Manon, exala no palco as suas árias de agonia. À última hora, os estados criaram ânimo e procuraram impedir a matança. Atualmente, em todos os países, tenta-se salvar, no reino das aves, os tesouros que ainda não foram completamente exterminados.

Com o mesmo empenho com que antes se aniquilavam as aves, procura-se hoje guardá-las da morte. Os gerifaltes foram abatidos com pauladas aos milhões; os pombos migradores de plumagem dourada, cujos bandos escureciam o céu no continente americano, foram chacinados até ao último espécime, pelas hordas de caçadores profissionais. Enviados em montes enormes aos mercados, como o número das aves abatidas excedia o que se poderia depenar e consumir, os corpos em decomposição serviam de pasto aos porcos e de adubo aos campos. Hoje organizam-se expedições para descobrir algumas garças ou um par de *kiwis* nos ermos; e, para a defesa dos "últimos moicanos", promulgaram-se leis tão draconianas, que são quase ridículas. Na embocadura do Mississípi, cercaram-se de rêdes zonas extensas, a fim de proteger algumas colônias de garças brancas, já agora animais raríssimos; e o território circunstante é mantido sob contrôle, por meio de tôrres de vigia e de aeroplanos. Em 1936, um garôto encontrou um grou com os olhos vazados a chumbo e as asas partidas; êsse achado provocou um processo, pois o veterinário chamado se recusava a tratar o animal, por ser expressamente proibido por lei tocar num grou. O animal, que resistira à carga de chumbo dum caçador furtivo, veio quase a morrer nas malhas da burocracia, até que um jardim zoológico afinal foi autorizado a aceitá-lo. Mais tarde, apanhando-se uma fêmea igualmente estropiada, juntaram-se os dois inválidos. Quando ao têrmo de vários anos de união, a grou pôs finalmente alguns ovos, a imprensa e o rádio dedicaram ao acontecimento uma atenção que outrora só se reservava ao nascimento dum herdeiro do trono. Levantou-se uma tôrre apropriada, para se observar com binóculo o que se passava no ninho. Como para zombar da perversidade dos homens, o filhote que chegou a sair da casca perdeu-se no juncal, onde talvez haja sido vítima dos numerosos inimigos das avezinhas. Através de milhões de anos de experiências, os animais habituaram-se a ver pe-

recer mais de noventa por cento dos filhos. É, pois, quase impossível que um filhote único na natureza livre atravesse a zona perigosa da primeira idade. Não se reparam tão fàcilmente velhos pecados.

Com o mesmo cuidado que se dispensa na América aos grous e às garças, procura-se na Nova Zelândia salvar os últimos "kiwis", alojados em tocas donde só saem de noite, para caçar vermes e insetos (Fig. 206). Certa vez, encontrando-se um *kiwi* com uma pata quebrada, num alçapão para *opossuns,* amputou-se-lhe a pata, e as crianças dos arredores organizaram-se, para que ao paciente não faltassem vermes e insetos. A União dos Veteranos de Guerra doou uma pata artificial. Atualmente o *kiwi* mutilado está num jardim zoológico; assim que aprender a andar com a pata artificial, será pôsto em liberdade. Eis a que situações tragicômicas nos leva o procedimento do homem, porque êle próprio é uma figura tragicômica; traz, com efeito — como veremos em breve — dois cérebros no crânio: o cérebro antigo do bruto e o cérebro moderno do homem civilizado. Do conflito entre ambos resulta o que Balzac se propôs descrever, através da totalidade dos seus romances: a "Comédia Humana".

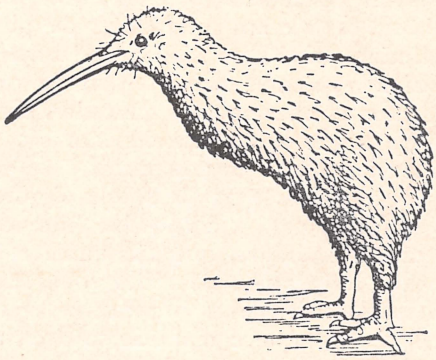


Fig. 206 — O KIWI.

4) Canto e linguagem das aves

Como se quisesse galardoar a criatura pela conquista da posição vertical, a natureza outorgou-lhe, como prêmio adicional, o dom da voz. Os pássaros e o homem são os únicos sêres dotados, em virtude da sua posição vertical, da faculdade de modular musicalmente; podem cantar e falar, em contraste com os sons monótonos, emitidos por insetos, rãs, cavalos, veados, gatos e cães. O uso da voz não é notòriamente uma faculdade inata; adquire-se, como se aprende a caminhar. Aprende-se, em verdade, só pela imitação, como uma habilidade extremamente difícil que exige anos de exercício. Não sabemos como se forma a voz — só o sabem os professôres de canto, cada um dos quais tem a sua teoria, o seu método próprio de formação da voz:

com êle estraga a voz do aluno, o que explica a freqüência de belas vozes naturais não cultivadas, e a raridade extrema de vozes cultivadas intatas. Os pássaros também aprendem por imitação; e cantam bem ou mal, conforme os seus professôres. Só quando tem a sorte de se criar entre bons cantores, o pássaro é bom cantor. Entre os canários, os do Harz gozam de fama mundial; e, não sem razão, pois há um fato que impressiona: nos países do mundo em que os homens são musicais, também o são os pássaros. Em parte alguma da Europa, os pássaros cantam tão bem como na Alemanha, especialmente na Alemanha Central, a pátria de Händel, de Bach, de Wagner. E, acaso ou pilhéria da natureza, o melhor falador entre os papagaios viveu em Salzburg. À semelhança do homem, em províncias diferentes, as aves desenvolvem "dialetos"; e mudam o caráter do seu canto se os removermos para outro ambiente. Daí as decepções comuns, causadas por pássaros canoros que nos entusiasmaram no lugar de origem e, levados para a nossa casa, perderam a qualidade do canto: falta-lhes, como a um musicista desterrado numa ilha, o meio estimulante dos concertos.

Há entre as aves, como entre os homens, tipos taticurnos e loquazes; e, como entre os homens, os faladores vivem em clãs; os silenciosos, como eremitas. Os pingüins fêmeos, que chocam em grandes locais coletivos, não param de falar, como as jovens mães nas salas das maternidades, enquanto os pingüins machos passeiam com dignidade de acadêmicos, bazofiando com importância. As aves têm possìvelmente uma linguagem multiforme que os filhotes entendem ainda na casca; efetivamente, quando saem dela afinal e o inimigo figadal dos pássaros, o açor, aparece nas alturas, a mãe sibila um "tschiu"; e os filhotes ficam quietos, até receberem outro sinal que os autorize a pipilar. A galinha fala contìnuamente aos pintos, e êstes entendem pelo menos meia dúzia de "palavras" diferentes. No aprendizado do vôo entre os grous, o instrutor usa uma série de ordens diferentes; e a chacra sul-americana, durante os seus vôos de roda, canta em massas corais de trezentos a seiscentos indivíduos, polifônicamente, em antífona. Quando pretendem fazer uma incursão, as gralhas convocam primeiramente um conselho de guerra; expedem depois espias e aguardam que elas regressem e transmitam as informações colhidas. Iniciado o ataque, destacam-se observadoras sôbre a zona de operações, e o bando só levanta o vôo, depois de conferenciar com a emissária dessas observadoras. Durante a pilhagem, as observadoras dão conta de tudo o que se passa nas zonas circunstantes. As gralhas sabem diferençar os camponeses inofensivos, dos guardas campestres. Numa família de lavradores, conhecem qual dos membros costuma caçar. Quando a família aparece sem o caçador, as gralhas deixam-se estar tranqüilamente; chegando o caçador, soa o sinal de aviso. Se êle traz espingarda, as gralhas fogem; se veio desarmado, elas ficam. A memória dos animais inteligentes é fenomenal. Mesmo ao têrmo de anos, o grou evita o lugar onde lhe sucedeu ser atacado. Muito menos esquece uma ofensa e vinga-se, como o gato, embora hajam decorrido seis meses e o homem já tenha

esquecido o episódio. É que a memória guarda muito menos as ofensas feitas a outrem do que as injúrias que somos obrigados a embolsar.

O pássaro de voz mais bela é talvez o sabiá indiano "schama", capaz de variar com arte, em combinações novas, os temas de que dispõe. Dos pássaros setentrionais, o rouxinol é considerado o melhor cantor. Um rouxinol bem treinado pode cantar cêrca de duas dezenas de melodias. Canta de noite, porque é seu hábito viajar à noite. Os machos voam adiante; chegados ao lugar de nidificação, põem-se a cantar para que as fêmeas os possam achar.

Onde se canta, podes pousar em sossêgo...

Mas à doce serenata não se segue um idílio; trava-se, pelo contrário, à chegada das fêmeas, uma luta encarniçada entre os trovadores; e o concêrto gentil degenera em rixa de rivais. Não são os cantores exímios e sim os lutadores mais valentes os que dominam o campo e as fêmeas. Os rechaçados retiram-se e vão serenatear, na noite seguinte, noutra freguesia. Um pássaro de voz tão maviosa é naturalmente muito sensível. Os rouxinóis são os pais mais amorosos. Não abandonam os filhotes que lhes roubam. Perseguem, voando, os raptores e continuam a alimentar os pequenos prisioneiros, entre as barras da gaiola (Fig. 207, em cima).

Os melhores palradores, entre as aves nórdicas, são o estorninho e o corvo, que por isso aparecem, legìtimamente, falando nas fábulas. Das aves tropicais, é o papagaio — aliás, uma exceção entre as aves, pois apresenta no cérebro sinais de massa cinzenta. Quer entre os homens, quer entre as aves, para desenvolver uma aptidão faz-se mister juntar dois fatôres; são necessários o dom natural e um bom treino. Só um papagaio bem dotado pela natureza e ensinado desde pequeno pode dar um bom falador. Consta que os índios foram mestres inimitáveis em criar papagaios, e obtinham resultados verdadeiramente maravilhosos. Depois que os bárbaros brancos exterminaram indignamente, com traição e deslealdade, as nações indígenas, só os papagaios — que escaparam à matança geral, porque não traziam ouro ao pescoço — falaram a língua dos povos chacinados. Mas ninguém mais os entendia...

É traço humano fazermos a melhor opinião de nós mesmos e pensar o pior a respeito dos outros. Por isso o homem diz que os papagaios não falam; palram apenas. Na realidade, não há diferença entre a fala do homem e a do papagaio. O homem também repete maquinalmente. A criança imita os sons que ouve, sem os entender. Quando alguém se retira, ensinamos: "Diga adeus". Que percentagem dos homens que dizem diàriamente "adeus" uma dezena de vêzes, sabe o que essa palavra significa? Nos milhões de pessoas que exclamam diàriamente "good-bye", quantas têm idéia do sentido dessa expressão? Inúmeras criaturas dizem todos os dias fervorosamente: "Amém"; nem uma entre mil sabe que "amém" — um verbo hebraico — quer dizer:

Fig. 207 — CANTO DOS PÁSSAROS. *Lado esquerdo. Em cima:* O rouxinol-macho, o melhor cantor das regiões nórdicas. *Centro:* A fêmea do cuco, ave cujo macho solta os gritos mais agudos. *Embaixo:* A lira, um dos pássaros mais musicais. *Lado direito. Em cima:* O rouxinol-fêmea, a melhor das mães, desafiando perigos, continua a alimentar os filhotes que lhe são tirados. *Centro:* O filho do cuco; digna cria da pior das mães, expulsa do ninho alheio os filhotes legítimos. *Embaixo:* A lira imita a voz do homem, do cão, da vaca e também o rangido da serra.

"Confio em que o que tu me rezaste seja verdade". Com os sons não compreendidos e imitados, o homem traduz posteriormente certos pensamentos e aplica as frases às ocasiões adequadas. O papagaio faz a mesma coisa. Êle sabe que só se pode dizer "Hoje faz bom tempo", quando lá fora o tempo é bom; nunca diz "boa noite" de manhã. Um músico possuía um papagaio que, depois de ouvir tocar violino, opinava: "Bem tocado!" Quando lhe dava para querer que o violinista tocasse mais, dizia: "Da Capo". Depois de ouvir o que o interessava, ordenava: "Chega". O violinista também tocava fagote. Querendo ouvir êste instrumento, o papagaio pedia: "Agora, sopra o fagote". A única diferença entre o papagaio e o homem é que o homem, com o seu cérebro em constante desenvolvimento, vai adquirindo um cabedal de palavras incomparàvelmente maior; mas poucos sêres humanos fazem uso adequado dêsse cabedal. Um homem de nível médio sai-se, conforme se pode verificar por observação, na vida de cada dia com poucas centenas de vocábulos que êle combina contìnuamente nas mesmas frases, com variações insignificantes, conforme as situações.

Quando pássaros têm filhotes nas vizinhanças dum papagaio, êste se entretém com êles e tenta treiná-los. Também gosta de brincar com gatinhos. Sabemos dum papagaio que, quando a gata saía do ninho, se espraiava de asas abertas sôbre os pequenos; quando a mãe voltava a

reclamar o lugar, a ave porfiava em conservá-lo e tinha de ser afastada à fôrça.

Do papagaio de Salzburg disseram os donos, na sua lacônica biografia: "Era quase um ser humano"; e os nativos dos mares do Sul denominam *pássaro-homem* o cacatua pardo, que se distingue por uma inteligência excepcional.

Um dos máximos efeitos da inteligência é o humorismo. Há, entre as aves, espirituosos tão salientes, que se criou para êles a denominação de "trocistas". Entre êstes há verdadeiros "Beckmesser" que se distinguem vantajosamente do Beckmesser wagneriano, por cantarem mal não por falta de talento, mas para desacatar. Quando os pássaros cantores ensinam os filhotes, essa ave põe-se a desafinar de propósito, como nós fizemos nas aulas de canto. Outra traquinada de que êles gostam assemelha-se à nossa história com o lôbo: as aves zombeteiras anunciam a proximidade dum açor; quando todos se esconderam e, com o coração aos pulos, aguardam o ataque, os "trocistas" desatam a rir. Simulam também haver descoberto um gordo petisco: os outros acodem e vão encontrá-los de "mãos vazias", troçando à larga. Assim as aves humoristas se divertem em atrapalhar o mundo, como o "senhor Spekovius" de "Gänsemännchen". Um truque favorito é a imitação das vozes alheias. O tordo americano "poliglota" é um imitador tão exímio, que recebeu justamente a denominação de "Mimus polyglotta". Alguns dêles enganam até, à maneira dos nossos ventríloquos, travando a duas vozes alternadas diálogos, duetos de amor e brigas com que atraem espectadores, porque são naturalmente "extrovertidos", como os verdadeiros atores, e desejam ter público.

A ave imitadora de vozes mais conhecida é a lira das florestas australianas, a qual — fato curioso — é dotada duma cauda em forma de lira (Fig. 207, embaixo). É tão arisca essa ave, que só pode ser apanhada com ardil excepcional. Consegue-se capturá-la, com o concurso de cães amestrados que a impelem para o caçador; ou imitando a voz doutra lira; ou ainda — como fazem os nativos — atando à cabeça a pele duma lira morta; alicia-se assim uma ave rival que é abatida.

A lira não imita apenas vozes; reproduz também ruídos de tôda sorte. Há por aí, no vale, uma serraria; sendo hoje domingo ela está parada. De repente começa a guinchar. Não é a serraria trabalhando; é a lira, que perturba a paz do dia festivo, imitando o rangido da serra. Como autêntica ave trocista e malfazeja, regala-se, quebrando satânicamente o sossêgo dos campos e rematando a brincadeira de mau gôsto com uma gargalhada sonora. De súbito o cão desata a ladrar; mas o cão nem está ali, saiu com o dono da serraria. É a lira que o imita. Depois de ladrar o cão, o bebê põe-se a gritar no berço. Acode a mãe; o bebê dorme tranqüilamente... é a lira que a todos faz de tolos. Consta que chegue a imitar o mugido da vaca, a ponto de induzir o fazendeiro a ir à floresta, à procura do animal desgarrado. Mal a família se dispersa no bosque, a lira solta dalgum matagal cerrado a sua risada irônica; porque zombar dos homens é o seu prazer.

5) *Ritos nupciais das aves*

Entre tôdas as criaturas superiores observam-se "ritos", ou cerimônias, que lhes transmitiram os antepassados e mediante os quais um par, ou um grupo de criaturas, se prepara para um ato importante, a fim de transpor o corpo ou o espírito para o estado de ânimo condizente. Um rito evidente é a dança de guerra dos negros, graças à qual êles despertam nos guerreiros a fúria e o espírito belicoso, enquanto com os saltos exercitam os músculos, como o pugilista saracoteia antes do "match". São um rito os hinos militares que sopitam nos soldados em marcha para a batalha tôda angústia, tôda preocupação pessoal, tôda idéia de família, de torrão natal, de morte, para os fundir com os seus irmãos de armas num sentir unânime. Um ritual de caráter elevado é o serviço divino a que não costuma faltar o canto. Ritos típicos são a missa, a comunhão, a iluminação da árvore de Natal no seio da família, o entêrro com o trajo uniforme dos acompanhantes marchando para a sepultura, em grupo organizado e silencioso. Todos os animais superiores celebram ritos, ligados na sua maior parte ao amor e ao acasalamento e — como sabemos hoje — destinados a estimular as glândulas hormônicas a fim de que os corpos possam desempenhar as funções que dêles se esperam. As migrações das enguias e dos salmões, as procissões de lagartas, a luta dos cervos em cio, os torneios amorosos e guerreiros dos peixes, provàvelmente os "jogos" dos mosquitos e das môscas constituem ritos análogos. Mais conhecidos são os ritos das aves, por serem elas animais bem visíveis, movendo-se livremente em terra ou no ar, e acentuadamente "extrovertidos" que se deleitam em se exibir. Até agora, os ritos amorosos das aves têm sido descritos quase só com palavras. Nos últimos tempos, passamos a dispor de meios para fixá-los cinematogràficamente e, graças à fotografia com infravermelho, estamos agora em condições de revelar as misteriosas cerimônias nupciais das aves noturnas, das quais até aqui só ouvíamos o rumor festivo, na escuridão da noite.

A maior parte do ritual das aves diz respeito à atitude de pretendente; ou melhor: do solicitador, porque o cortejador é submetido a um teste e só será aceito se o suportar bem. As aves rapaces exibem-se às suas damas, em arrojados vôos ascendentes e de mergulho; capturam diante delas uma prêsa e a arremessam às requestadas, através do espaço, com tamanha destreza que, por assim dizer, ela lhes vai cair no bico e lhes garante que, mesmo acasaladas, não sofrerão fome. As aves do chão dançam; a dança do galo silvestre tornou-se modêlo do sapateado. Terminadas as provas e manifestando-lhe a fêmea o seu agrado, o pintassilgo alça-se em vôo mais uma vez e volta com uma fôlha no bico. Daí nasceu a canção: "Chega um pássaro voando..." (Fig. 208).

Outro pintassilgo visita o casal; os visitados curvam-se numa mesura que se diria aprendida em lições de etiquêta, na côrte dalgum rei de

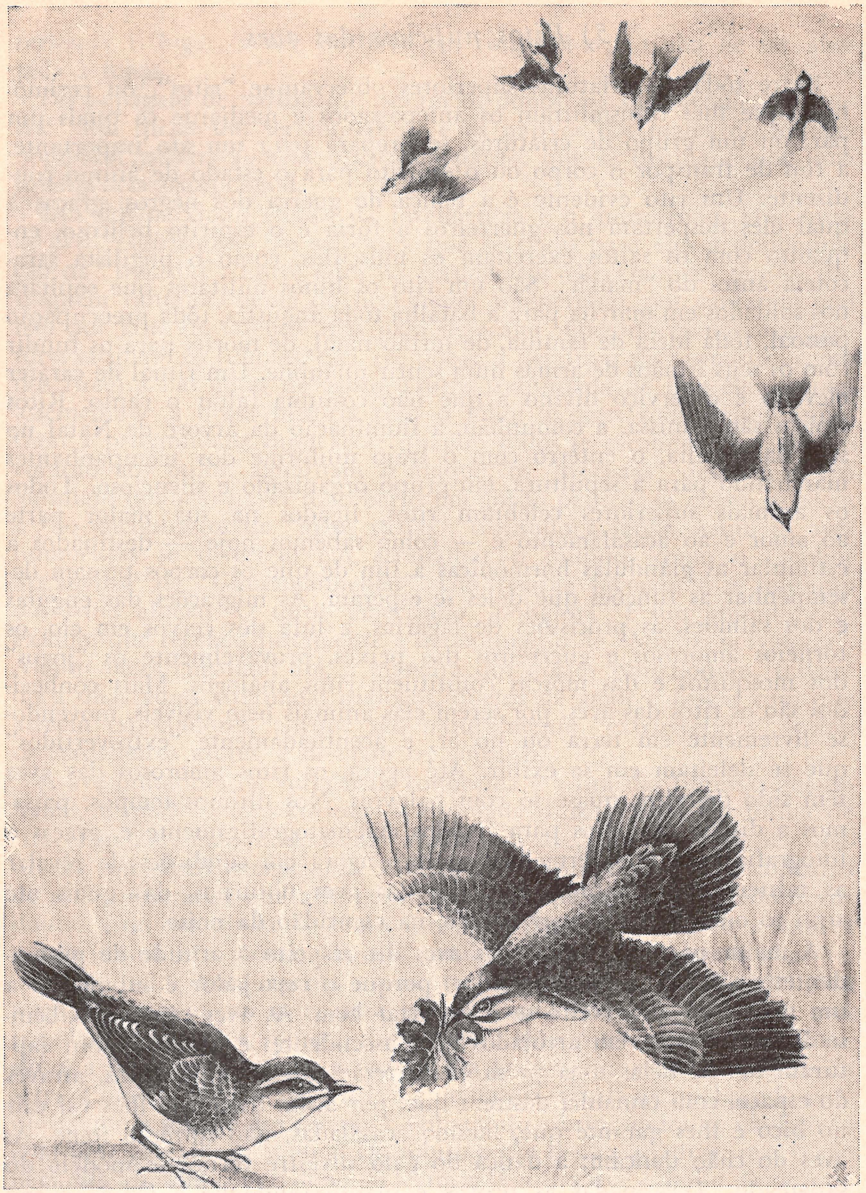


Fig. 208 — "CHEGA UM PÁSSARO VOANDO...". Muitos pássaros executam, diante da eleita, danças aéreas; depois descem a pique e oferecem-lhe uma fôlha ou uma flor, como prova de afeto.

Fig. 209 — VISITAS DE PÁSSAROS. O pintassilgo visita um casal de pintassilgos e executa com êles um "cotillon". Não sabemos o que significa essa exibição.

França (Fig. 209). Os faisões limpam tão meticulosamente o terreno onde dançam, que uma família dessas aves recebeu o nome de faisão-argos, porque inspeciona com olhos de Argos o asseio da sua clareira e se dana, se lhe cai nela a menor folhinha. Quase incrível é o que faz certo pássaro silvestre das ilhas dos mares do Sul (Fig. 210): com raminhos secos levanta latadas de metros de altura, enfeita-as com flores, cobre o chão de musgo, traz conchas, insetos brilhantes, penas de pássaros e exibe tudo como presente à bem-amada. Convocada dessa maneira, ela posta-se na balaustrada e recebe com benevolência as homenagens do cortejador... ou foge, desiludida, sem dar "até logo". Êsses pássaros são aparentados com o corvo e a pêga. Entendemos agora por que se diz "pêga ladra" e "corvo malandro"; e por que se atribui ao corvo o furto de colheres de prata. O gôsto pelas asas metálicas dos insetos transformou-se em cobiça de colheres de prata.

Tal como entre os sêres humanos, entre os pássaros também a dança amorosa evolveu em espetáculo. Há um tipo de pássaro silvestre que representa regularmente. Os espectadores convidados acomodam-se nos ramos, como os homens nas filas de poltronas. Entra em cena um ator, com um escorpião ou uma lacraia já mortos; trava-se diante do público um duelo simulado, mais ou menos como o combate de Siegfried com o dragão, nos nossos palcos. Nessa luta, o pássaro — como bom ator — afervora-se tanto, que parece estar enfrentando um adversário vivo. Tem de afrontá-lo de fato; mas êsse tem a forma duma fêmea no grupo de espectadores. Terminada a pantomima, o pássaro volta-se

Fig. 210 — PÁSSAROS CONSTRUTORES DE LATADAS. Certo pássaro silvestre das ilhas dos mares do Sul levanta, com galhos secos, latadas da altura dum homem e enfeita-as de flores (segundo plano); prepara o terreno para a dança e presenteia a fêmea com coisas vistosas.

para a beldade e inicia contra ela outra luta simulada, com todo o aparato imaginável. Se consegue agradar à daminha, esta deixa o seu lugar e o cortejador a segue ao bosque. A finalidade do ritual: a excitação das glândulas hormônicas, foi alcançada — "Good night, Sweet Prince".

6) Ôvo e ninho das aves

É em forma de ôvo que a ave, para não se sobrecarregar no vôo, expele a futura prole. O conteúdo do ôvo é um filho imaturo, um embrião que, a partir daí, precisa de tempo e de calor para amadurecer. O número, o tamanho e a côr dos ovos dependem das condições de vida. A ave que vive em ambientes seguros põe poucos ovos, como a ave dotada de vigor bastante para defendê-los; tais são o cisne, a cegonha, o pelicano ou o pingüim. A ave gigante *moa* extinguiu-se ràpidamente porque, fiada no sossêgo da sua pacífica ilha natal, costumava pôr só um ôvo. Aparecendo o homem, acabou depressa a ave que, pelo seu tamanho, oferecia alvo cômodo ao caçador. As aves que fazem o ninho em banhados põem muitos ovos, já que os ratos, as lontras, as cobras lhes ameaçam a prole; os patos e os gansos chegam a pôr uma dúzia.

Numerosas aves tingem os ovos com substâncias corantes, ora de tons claros, para os enxergar no ninho escuro, ora de côres escuras a fim de que os inimigos não os descubram. A avestruz tinge os seus ovos da côr da areia onde os deixa a incubar, ao calor do sol; mas o casuar, que os põe nas ervas da mata, cobre-os de listras. As aves das praias e dos recifes, que nessas paisagens nuas não encontram material para o ninho e são obrigadas a pôr os ovos no saibro ou nas pedras, dão-lhes de tal maneira a côr do local, que mesmo de perto é difícil distingui-los. Numa tentativa realizada por um grupo de dez pessoas, com o fim de encontrar os dez ovos duma ave praieira, distribuídos num espaço limitado, sem os pisar, nenhuma dessas dez pessoas conseguiu sair-se bem. É supérfluo perguntar como chega a ave a imitar tão idealmente, no ôvo, a côr e os característicos do ambiente. Se dissermos que ela segrega das glândulas as matérias corantes, com que tinge a casca, não estará explicado o enigma. Eis-nos perante um pequeno fragmento do grande quadro misterioso da natureza criadora, incapazes de explicar essa parcela, tanto quanto o todo; porque, se soubéssemos explicar essa minúcia, saberíamos também como consegue a ave tingir a sua plumagem de maneira que, agachada no solo, se confunde com a côr ambiente e, por outro lado, no vôo, graças aos tons claros das partes de baixo do corpo e das asas, desaparece contra o céu. Saberíamos por que as "fôlhas animadas" tomam a forma das verdadeiras fôlhas; por que o peixe-coral revoluteia nos baixios coralíferos, vestido das côres do mundo dos corais. Saberíamos igualmente por que as rosas exalam aroma e o rouxinol canta; por que as estrêlas brilham nos longes do universo. Quem se atrever a dizer que sabe, ou pode, explicar donde vêm as manchas esverdeadas da casca do ôvo da

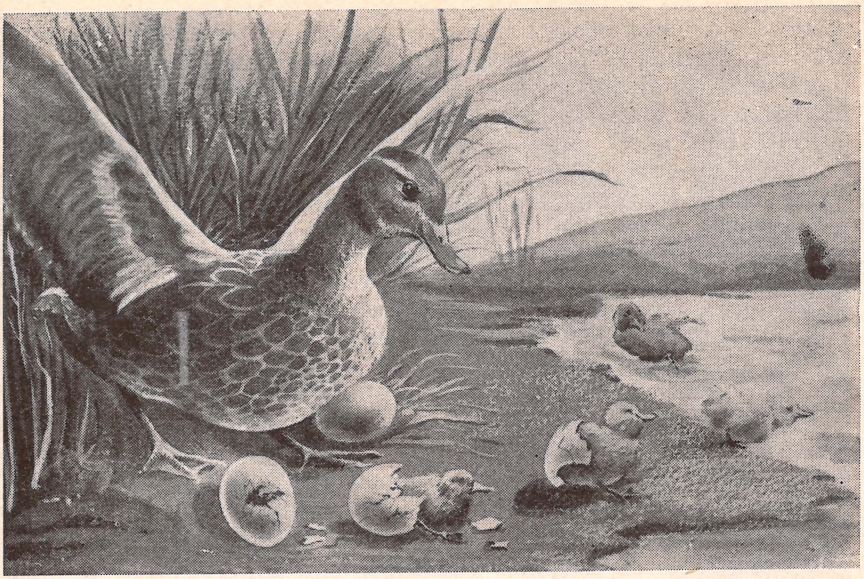


Fig. 211 — FÓRMULA BÁSICA DO CUIDADO DE PROLE ENTRE AS AVES, I. As aves do chão põem ovos grandes, porque os filhotes têm de nascer maduros, a fim de serem imediatamente aptos para a vida.

abibe, exposto no mostrador da loja de mercearias finas, apareça e receba o título a que faz jus de "Senhor do Segrêdo do Universo".

O tamanho do ôvo depende essencialmente das condições de vida da ave; contudo, nisto, como em qualquer setor da vida, não há leis rigorosas de lógica; reina, pelo contrário, a liberdade risonha de tudo o que é vivente. De regra, as aves que fazem o ninho no solo e cujos filhotes, logo depois de saírem da casa, têm de ser aptos para a vida, a fim de escapar aos inimigos, põem ovos grandes (Fig. 211). A galinha tornou-se nosso animal doméstico, pois — como ave do chão — põe ovos tão grandes, que vale a pena escamoteá-los. Os pássaros cantores, que chocam os filhotes nas árvores, onde se lhes oferece pouco espaço para o ninho, mas garantia de segurança dos pequenos recém-saídos da casca, põem ovos menores; e os filhotes vêm ao mundo tão nus e desamparados, que, vendo-os, solta-se involuntàriamente uma exclamação de dó (Fig. 212).

Originàriamente, os ovos das aves tinham, como os dos reptis, forma esférica; as aves primitivas ainda hoje produzem ovos dêsse feitio e os põem, à semelhança dos reptis, em covas. Em geral, porém, os ovos de ave tomaram a forma característica a que damos a denominação de oval, resultante da moldagem e das pressões sofridas pelo ôvo, na sua passagem pelo oviduto musculoso. A assimetria impede que o ôvo role; a ponta aguçada permite a acomodação dos ovos, no

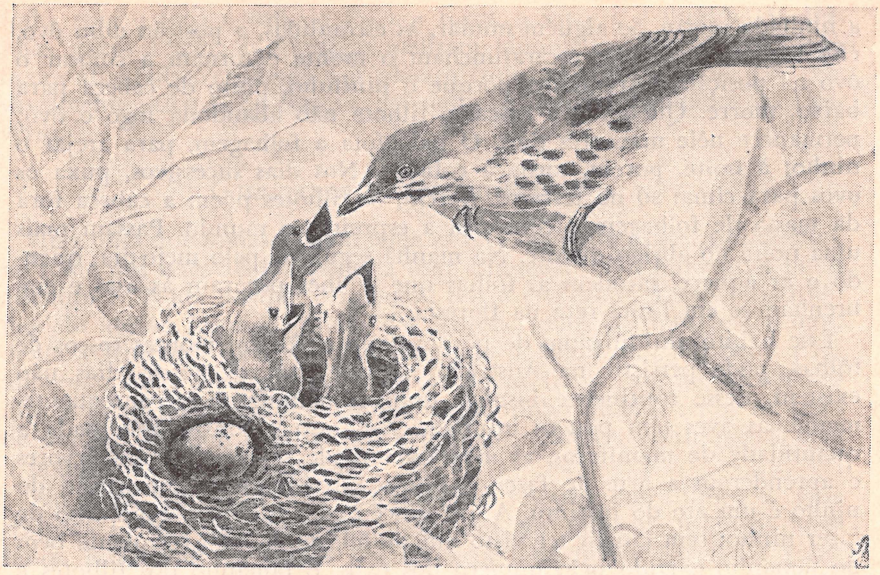


Fig. 212 — FÓRMULA BÁSICA DO CUIDADO DA PROLE ENTRE AS AVES, II. As aves que nidificam em árvores põem ovos pequenos, porque os seus filhos podem vir ao mundo sem estarem perfeitamente desenvolvidos; protege-os, com efeito, a altura da árvore.

espaço disponível. Durante o chôco, a extremidade larga fica voltada para cima, porque ali se desenvolve a cabeça. Nos matagais da Austrália, vivem aves do tipo do peru, que enterram os ovos em montes. Escolhem sítios abertos para o equador e protegidos contra os pólos; e obedecem nisso a um senso tão certeiro, que êsses montes de ovos servem de bússola aos nativos. Essas aves cavam um buraco do diâmetro duma roda de carroça e enchem a cova com folhagem, o que exige mais dum mês de trabalho. No período das chuvas, deixam essa folhagem encharcar-se de água, pelo espaço de quatro meses; só quando ela esteja bem fermentada, produzindo calor, é que a fêmea vai pondo um ôvo de três em três dias, até perfazer o total de quatorze, todos com a ponta virada para baixo em determinada posição, formando quatro camadas superpostas, com cada ôvo da camada superior entre dois da camada inferior, e todos envoltos em porção suficiente da matéria fermentada. Estando a estufa cheia, o casal de aves vigia-lhe a temperatura e a ventilação, com o mesmo desvêlo com que um fazendeiro cuida da sua incubadora elétrica. Quando chove, os pais acrescentam novas camadas; achatam lateralmente o monte, para que a água escorra. Aparecendo o sol, removem essas camadas de emergência. Se a folhagem ficar muito empastada, os pais afofam a estrutura, para que os ovos recebam ar. Se forem privados de cuidar do monte,

a ninhada morre. Se alguém mudar, às escondidas, a posição dum ôvo, êles logo o percebem; escarafuncham o monte e tornam a colocar o ôvo na posição conveniente, porque o pintinho, pôsto de cabeça para baixo, morre. Quebrada a casca, o filhote não abandona logo o ôvo; permanece nêle mais três dias. O pai afofa a folhagem, para arejar o ninho; à noite, porém, torna a cobri-lo. Nos dias sucessivos, puxa os ovos para cima; só no terceiro, porém, os filhotes põem a cabeça fora da massa de folhagem e começam a espreitar o mundo. Passam mais uma noite no abrigo quente. Na manhã seguinte, pelo meio-dia, quando o ar aquece, sacodem as fôlhas que se lhes pegaram às asas e embrenham-se em linha reta na floresta.

Êsse hábito antiqüíssimo de pôr ovos no chão, em montes toscos de fôlhas, pôde persistir na Austrália, porque até aos nossos dias não existem, nesse continente insular, grandes mamíferos e, conseqüentemente, as aves têm poucos inimigos. Nos outros continentes, dada a quantidade de mamíferos, as aves tiveram de se refugiar nas árvores e aprenderam a arte de fazer o ninho nos ramos. A construção do ninho é um ato do instinto. A ave nasceu com o dom e o impulso de fazer ninho; sem jamais ter visto um ninho, molda um recipiente bem do tamanho exigido pelo número dos ovos, o tamanho dos filhotes e o seu comportamento. Forma o ninho, de modo que lhe seja possível estar sôbre os ovos, e mais tarde sôbre a ninhada, abrigando-os, sem os esmagar. Dá-lhe altura conveniente, para que os filhotes alcancem a orla com o bico sem cair; levanta as paredes com inclinação adequada para que, ao iniciarem o vôo, os filhos as possam galgar. Estando a ave no cio, se carecer de materiais, faz a despeito disso "o ninho", executando todos os gestos e movimentos; como o demente que, no hospital de alienados, molda uma estátua imaginária no ar e diz ao médico: "Veja que ancas opulentas!" No ato do instinto, está latente, aliás, a alegria de criar e o enlêvo na coisa criada. Inúmeras aves tornaram-se verdadeiros artistas na feitura de ninhos e — como os homens que não se contentam com moradias práticas, mas erigem castelos, pavilhões e igrejas — edificam construções artísticas, sem necessidade e sem finalidade (Fig. 214). O tecelino faz ninhos que são verdadeiras habitações, com peças para usos diferentes: dormitório, sala de estar, quarto de crianças, uma ante-sala para porteiro; e, a fim de que ninguém possa devassar a vida particular dos moradores, com uma invasão imprevista, há uma falsa entrada que termina em corredor sem saída, enquanto o "habitué" da casa entra por um postigo dos fundos (Fig. 214, em cima). Muitos tipos de aves gostam da promiscuidade da vida em comum; fazem tantos ninhos na mesma árvore, que esta mais parece casa de cômodos. Por fim, o excesso de ninhos mata a árvore que apodrece e cai, derrubada pelo próprio pêso.

A pequena lavandisca faz o ninho numa fôlha costurada (Fig. 214, à direita, em cima). Como a cose? Com um fio de sêda. Donde obtém o fio de sêda? Tira-o, tal qual o homem, dum bicho-da-sêda. Como dá resistência a êsse fio tão tênue? Torcendo-o. Como costura? Fura a

fôlha com o bico e enfia o fio nos furos, a torto e a direito. As aranhas tecem a teia; as formigas utilizam lançadeiras; há besouros que fazem almofadas; eis agora um pássaro costurando com torçal. Há provàvelmente oficinas de costura, em todos os mundos habitados do Universo.

7) Casamento e paternidade das aves

Uma obra que tomasse como tema as relações entre os sexos diferentes, no reino dos sêres alados, poderia usar êste lema: "Nil humanum nobis alienum"; "Nada do que é humano nos é estranho". Desde o marido modêlo até ao inimigo jurado das fêmeas, todos os tipos masculinos; desde a fêmea do pelicano que, segundo a lenda, rasga o peito para alimentar com o sangue do seu coração os filhos, até ao cuco-fêmea que se livra do filho, enjeitando-o num ninho alheio, todos os tipos de mulher. Dariam um livro divertido os paralelos intermináveis com o homem e as coisas humanas.

Em Constantinopla, aos visitantes do tesouro dos sultões, o guia costuma exibir uma taça que passa por ser talhada no bico duma fênix. Raramente as lendas são invenções; na maior parte das vêzes, são verdades idealizadas. As formigas juntam realmente, da noite para o dia, um monte de grãos de painço, como se narra nos contos de fadas; o corvo fala; a pêga é ladra; e a fênix ressurge de fato, rejuvenescida, senão das suas cinzas, do ninho onde fica murada (Figs. 213 e 214). O calau, parente do tucano, mura a fêmea no chôco, na cavidade dum tronco (1). Nas semanas de reclusão, ela não precisa de penas; solta-as e utiliza-as como "édredon" para os ovos. Durante o chôco fica irreconhecível, lembra um pombo depenado. Êsse desaparecimento da ave é a morte da fênix. Nesse período de semiviuvez, o macho não se atira às aventuras; vela, pelo contrário, pelo bem-estar da companheira murada, com tanta abnegação, que não come quase nada, mas arranja contìnuamente à fêmea alimento e até gulodices. De tempos em tempos, regurgita a membrana interna do papo, e oferece à fêmea choca a bôlsa cheia de grãos e bagas semidigeridas: uma "bombonnière" de pássaro (2). Graças a essa ceva, a fêmea engorda; findo o período de incubação, surge do ninho, ave de luxo, ressuscitada, com uma plumagem deslumbrante: a fênix, renascendo das cinzas (3). O macho, porém, esgotado por êsse desvêlo incessante, dir-se-ia chegado à sua hora final. Essa sucessão de vaivéns, de definhamento e de ressurreição é, sem dúvida, a origem da lenda da fênix que renasce das próprias cinzas.

Exemplos dessa "fidelidade até na morte" não são raros entre as aves. A cegonha lança-se às chamas, para salvar a fêmea e os filhotes numa casa incendiada; os grous, quando se lhes tira a fêmea, suicidam-se precipitando-se a bater a cabeça numa árvore.

Se um caçador surpreender uma garça no chôco, pode muito bem suceder que outra garça acuda do juncal e lhe distraia a atenção, fa-

Fig. 213 — A FÊNIX, I. 1) O calau, depois do acasalamento, empareda a fêmea no ninho. 2) O seu desvêlo é tamanho, que êle emagrece e, às vêzes, chega a regurgitar o papo.

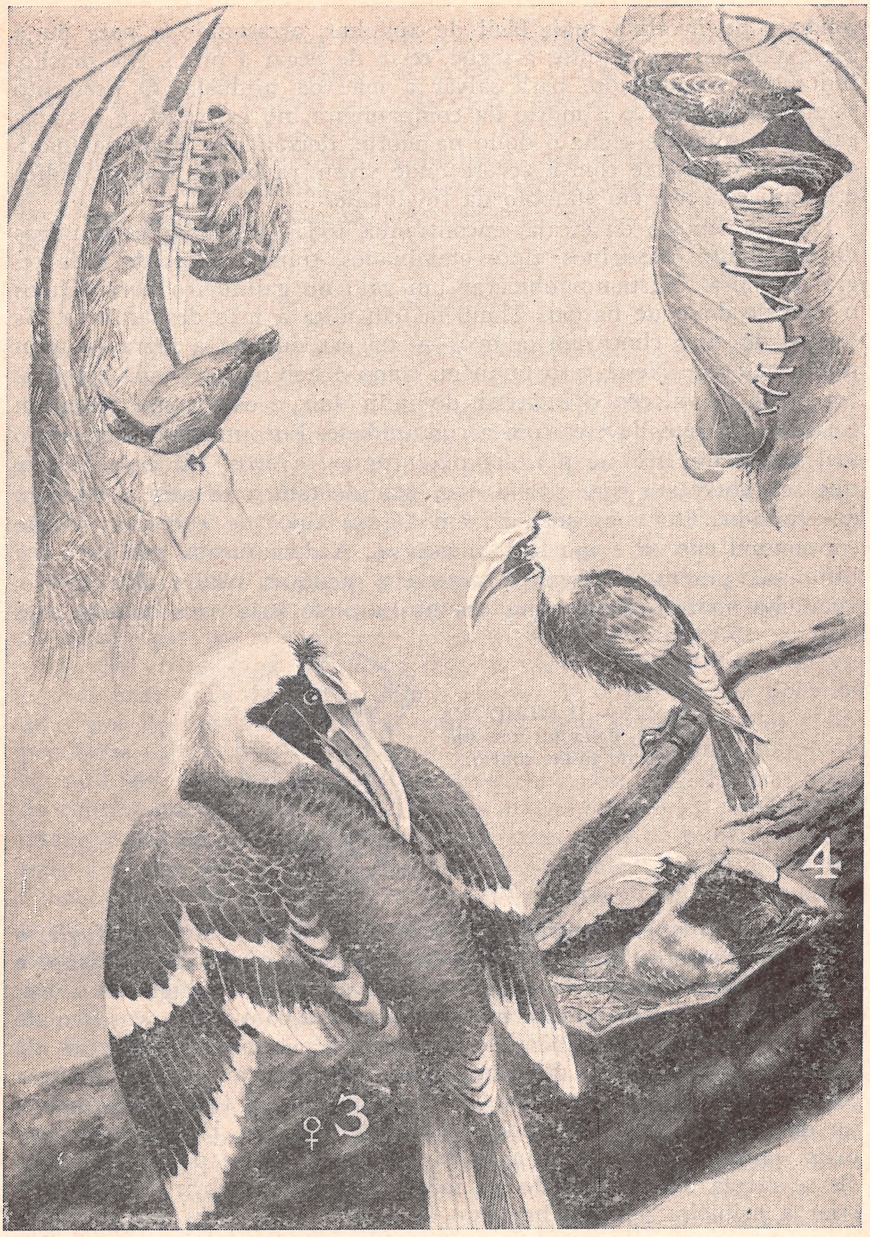


Fig. 214 — A FÊNIX, II. 3) A fêmea do calau, depois dos filhotes saírem da casca, abandona o ninho, gorda, revestida de nova plumagem; o macho fica reduzido ao esqueleto. 4) No alto, à esquerda: ninho de tecelino; à direita: ninho de lavandisca.

zendo-se de inválida mais fácil de apanhar, arrastando a pata ou a asa quebrada; e o caçador a segue, certo de pegar a prêsa. É o macho, imitando um aleijado, para salvar a mãe da ninhada. O periquito raramente sobrevive à morte da companheira, no cativeiro; e o papagaio, não sòmente segue o dono na morte, deixando-se finar de inanição, mas até morre com a árvore onde viveu, razão por que os índios erigiram essa ave em símbolo da fidelidade.

Do lado oposto da escala, encontramos tôdas as gradações inimigas do casamento, misóginos, tipos efeminados, transgressores de tôda regra de moral. Basta-nos observar um galo no galinheiro para têrmos o tipo de dono de harém. Também não falta a mãe desnaturada. As fêmeas do cuco chocavam os ovos — tal era outrora a regra — num ninho coletivo. Neste caso também, como é habitual na vida coletiva, em breve prevaleceu o interêsse do indivíduo, e os egoístas tentaram furtar-se aos seus deveres com a comunidade. Encontram-se ninhos tão mal feitos, que não se prestam para conter os ovos. Há cucos fêmeos que se contentam com pôr o ôvo, mas deixam a outrem o encargo de chocá-lo. Em conseqüência, em alguns tipos de cucos, a criação em comum chegou a um fim lamentável. A desnaturada mãe-cuco habituou-se, porém, a largar os ovos em qualquer ninho. Põe o ôvo, apanha-o no bico e voa para um ninho onde haja ovos doutras aves

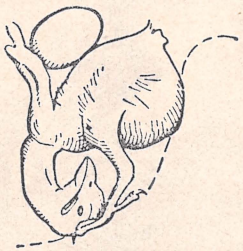


Fig. 215 — O FILHO DO CUCO, deitando fora um ôvo do ninho alheio.

(Fig. 206, centro). Se encontrar lá a mãe chocando e esta não fugir, o cuco fêmeo arrepia as penas e faz de môcho. A outra ave assusta-se e a intrusa aproveita êsse momento de confusão para impingir-lhe o ôvo. Aqui intervém a maravilha incrível: a mãe-cuco tinge o seu ôvo de acôrdo com os característicos do tipo de ave a que o vai entregar, de maneira que não haja diferença. Também é inconcebível a sutileza com que ela escolhe, invariàvelmente, ninhos cujos filhotes venham a ser de tamanho inferior ao dela, a fim de que êste, já ao nascer, seja mais vigoroso do que os irmãos de criação. Logo ao primeiro alento, êle se revela digno filho de tal mãe: antes até de abrir os olhos, de criar a primeira pena, o bastardo ou joga fora os ovos ainda intatos ou, se sair após os outros, com os movimentos da cauda em forma de pá, muito desenvolvida justamente para êsse fim, expulsa do ninho os filhotes recém-descascados da mãe que o chocou (Fig. 215). Nenhuma criatura começa a existência com atos de perversidade como o

cuco. Mal completou dois dias de idade, êle perpetra um "crime múltiplo e premeditado". Depois de eliminar cruelmente os "irmãos de leite", continua a receber os cuidados da mãe de criação — que não pode desconfiar da triste verdade — e devora tanto quanto comeriam os quatro filhotes legítimos. A natureza não é moral nem imoral; desconhece a moral. Deixa fazer o bem e acontecer o mal, sem pestanejar. Nem poderia pestanejar, pois não tem olhos... É cega; não vê o bem, não enxerga o mal.

8) Simbioses

As aves são os únicos animais vertebrados terrestres que estabelecem simbioses com outros vertebrados. A simbiose entre uma ave e o crocodilo figura entre as mais antigas tradições da ciência natural, mencionadas na literatura européia; foi perpetuada pelos antigos egípcios em hieróglifos; Heródoto e Plínio referem a façanha sensacional da tarambola Trochilus: "Quando o crocodilo boceja, em terra, deitado, acode voando a ave *Trochilus;* entra-lhe nas fauces e limpa-as. Isso faz bem ao crocodilo que poupa a ave. Sim: o reptil escancara a bôca, para não esmagar o pássaro quando êste se retira. Essa ave, que não é maior do que um tordo, permanece nas vizinhanças da água e previne o crocodilo contra o *icnêumon,* alertando o reptil quer com gritos, quer dando-lhe bicadas no focinho". Quem tiver ensejo de fazer uma viagem no Nilo e, em vez de se recostar na poltrona do vapor de luxo a ler revistas, empregar essas horas preciosas e dispendiosas, observando a paisagem fluvial aparentemente monótona, assistirá sem dúvida à façanha do "trochilus" (Fig. 216, 9). Percorrendo contìnuamente dum a outro lado as margens baixas, o pássaro nota qualquer movimento no seu distrito; percebe, antes de quem quer que seja, o que se passa, ou vai passar-se, e solta imediatamente o aviso: "Tschip, tschip hoit!" Sabe lidar maravilhosamente com os crocodilos, entre os quais foi chocado, nasceu e se criou; conhece-lhes todos os costumes inofensivos e perigosos, como nós, quando marotos de dez anos, conhecíamos os hábitos dos policiais do nosso bairro. A tarambola passeia despreocupadamente no dorso do reptil, meio enterrado no lôdo; livra-o de sujeira e parasitas de tôda sorte e, antes de tudo, das sanguessugas. Como estas se instalam, com predileção compreensível, nas gengivas do crocodilo, o pássaro entra-lhe na bôca aberta, retira-lhe os vermes dentre os dentes, manobra a que o sáurio se presta com uma pose de paciente a que a enfermeira limpa a dentadura. De súbito, porém, a tarambola interrompe a tarefa e grita: "tschip, tschip hoit!" Todos os animais do distrito sabem que se está armando alguma coisa. O crocodilo avisado afunda no lôdo e some-se, até que o "trochilus" lhe dê outro sinal: "Passou o perigo!"

É admissível que um pássaro tire vermes do dorso dum crocodilo deitado no lôdo; mas que o crocodilo abra as queixadas, como o ho-

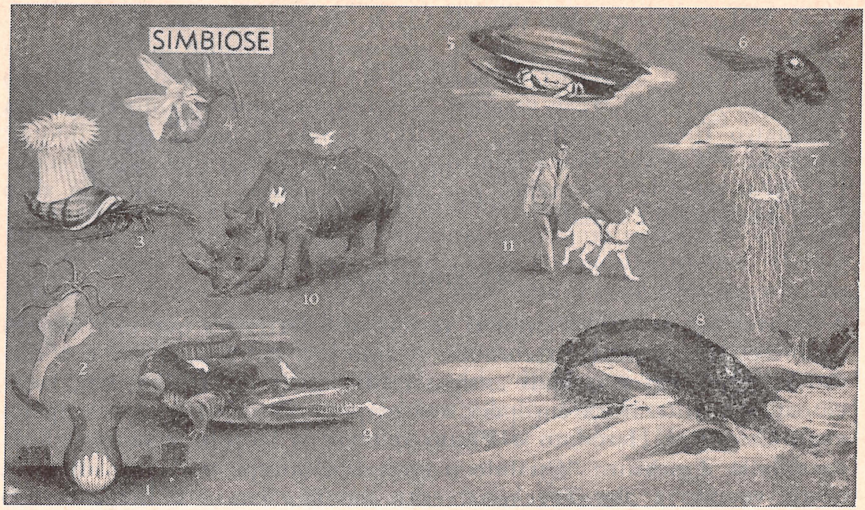


Fig. 216 — SIMBIOSE. 1) Algas e cogumelos, entrelaçados em líquen. 2) A hidra, pólipo de água doce, com algas fornecedoras de amido. 3) Crustáceo e actínia. 4) Flor e abelha. 5) Marisco e pequeno crustáceo amarelo. 6) Abelha e ácaro, num órgão para hóspedes, preparado especialmente pela abelha. 7) "Galeão português" e "peixe traidor". 8) Baleia e rêmora. 9) Crocodilo e tarambola. 10) Rinoceronte e cuculídeo. 11) Homem e cão.

mem abre a bôca, na cadeira do dentista, para que um pássaro lhe limpe a dentadura é coisa tão diferente da nossa idéia dum reptil, que nos deixa desconcertados. Fica ao critério de cada um decidir se havemos de desconfiar mais do jacaré, ou da ciência, pelo modo como ela nos transmitiu a zoologia clássica.

Uma simbiose análoga entre ave e mamífero de grande porte não assume feição tão amigável e desvenda o caráter neutro e, conseqüentemente, variável dessa associação. Há uma ave do gênero dos cucolídeos que tira as larvas do tavão da pele dos grandes animais da África (10). Isto poderia servir de exemplo edificante de "auxílio mútuo, no reino animal". Mas... catando bichos, a ave também introduz na bôca frangalhos de carne e, como êstes lhe satisfazem o paladar, a corta-vermes converte-se em corta-carne e importuna os seus "amigos" mais do que a própria môsca, razão por que os mamíferos procuram por todos os meios livrar-se do algoz emplumado.

As simbioses são relações neutras e, portanto, de caráter variável; uma aliança que não deixa de ter inconvenientes, já que o plasma não é nenhum material nobre. Fàcilmente acontece, como na sociedade humana, que o protegido se transforme em parasita, ou o protetor benévolo em tirano.

9) Migrações anuais das aves

A mãe a quem o garôto perguntar por que as aves se vão no outono, não terá dificuldade em responder: "É tão natural, que tu mesmo deverias compreender, meu filho. Elas se vão à procura de terras mais quentes, pois entre nós o inverno as privaria de alimento". E, se o pequeno insistir: "Mas como acertam o caminho?", a resposta será: "As aves mais velhas, que já estiveram lá no ano passado, o ensinam aos filhotes". As duas respostas são erradas. Para achar alimento, basta às aves aproximarem-se do equador. Na realidade, porém, elas vão muito mais longe, além de paralelos que lhes proporcionariam comida, para o extremo oposto do globo onde também só a custo encontrarão com que se alimentar. Além disto, partem antes de lhes escassearem os comestíveis; mais ainda: muitas regressam antes de reverdecerem os campos e, não raro, passam fome ou morrem de frio, por terem voltado muito cedo. Finalmente, porque regressam a terras de clima rude como a Suécia ou Canadá, donde têm de fugir de novo, ao têrmo de poucas semanas? A escassez de alimento não pode ser a causa da migração das aves.

Os motivos da migração das aves são ignorados e nós nada podemos fazer, salvo referir alguns fatos. Há aves sedentárias e aves nômades. O pendor para a vida errante pode ser pouco pronunciado; neste caso, a ave contenta-se com voar a regiões próximas. Pode êsse pendor ser estimulado pela falta de alimento que, em épocas de mau tempo e má colheita, impele as aves para vizinhanças mais favorecidas. As verdadeiras nômades, porém, abandonam anualmente o pouso, sem motivos plausíveis; voam para pontos opostos do globo e, ao têrmo dum semestre, regressam à pátria. Denominamos pátria a região onde as aves fazem o ninho. Dessas aves notòriamente nômades, cada tipo voa segundo um roteiro fixo, com pontualidade de horário de trem, seguindo sôbre terras e mares um rumo tão inalterável como as linhas adotadas pelos nossos navios e os nossos aviões. As cegonhas da Escandinávia acompanham os rios da Alemanha em direção sul; continuam ao longo do Danúbio até o Mar Negro, transpõem o Bósforo, prosseguem pela costa da Ásia Menor, e alcançam o Nilo, que sobem até à Etiópia. Ali descansam, para retomar o vôo ao longo das bacias da África oriental, até ao deserto de Kalahari onde estão quase tão próximas do pólo sul, como estavam perto do pólo norte (Fig. 217, 2 — à direita). Das andorinhas da América, as que fazem o ninho entre o Alasca e o Labrador dividem-se no outono; as da metade oriental do continente reúnem-se na Nova Escócia, aguardam tempo propício para o vôo e seguem ao longo da corrente do Gôlfo, para as Guianas — uma travessia, sem escalas, de três mil quilômetros (Fig. 217, 2 — à esquerda). Não se sentindo cansadas nem satisfeitas com alcançar o litoral do trópico sul-americano, sobrevoam todo o enorme continente: Venezuela, Brasil, Chile, até à Patagônia. As andorinhas aninhadas no Canadá ocidental voam do Alasca primeiramente para Hawaí. Não

Fig. 217 — MIGRAÇÃO DAS AVES. Em cima, algumas das grandes linhas de vôo das aves migrantes. Embaixo: O pombo-correio, perturbado no seu vôo pelas tôrres de transmissão radiofônica. O vôo normal e o regresso do pombo-correio *(b* e *c)* é estorvado pelas ondas hertzianas e por tempestades magnéticas *(a)*.

ficam na ilha abençoada; ao têrmo dum breve descanso, vão-se pelo Pacífico meridional até à Austrália. Não permanecem também no continente australiano; prosseguem, voando, para a Nova Zelândia e a Nova Guiné. Os minúsculos colibris, os menores dos quais não chegam a pesar dois gramas, sobrevoam o mar, numa extensão de dois mil quilômetros; e muitas galinholas do Japão fazem travessias marítimas de cinco mil quilômetros, sem possibilidade de escalas. Qualquer pessoa pode verificar no campo que a codorniz não é boa voadora, porque tem asas curtas de galináceo. Entretanto, na sua migração invernal, atravessa o Mediterrâneo. O mesmo fazem, aliás, certas borboletas. Tudo isto nada tem que ver com procura de alimento nem com instinto nômade. É, sem dúvida, a ação de reminiscências convertidas em instinto, de acontecimentos históricos muito remotos e que se inseriram biológica e profundamente na índole da ave.

Das hipóteses aceitas até agora, nenhuma se aproxima sequer da verdade, escondida tão fundo. Quando os períodos glaciários impressionavam os ânimos, tentou-se explicar a migração das aves como recordação histórica ligada àqueles períodos, como repetição sem finalidade de êxodos forçosos. Mas, para escapar ao gêlo, bastava às aves voar algumas centenas de quilômetros em rumo sul. Quando se descobriram as vitaminas, aventou-se que era a carência de vitaminas a origem do impulso migratório. Atualmente a hora é das radiações; lê-se, pois, que a vida das aves está condicionada a uma determinada duração do dia e que são o aumento e a redução de raios infravermelhos ou ultravioletas o que mobiliza essas criaturinhas. Esperemos agora, pacientemente, a próxima teoria.

Todos os observadores concordam em que os animais migrantes, sejam êles aves ou insetos, voam em bandos, como se fôssem puxados por fios através do espaço. Já Audubon, que granjeou fama com as suas belas estampas clássicas de aves americanas, refere as suas observações sôbre as enormes revoadas de pombos migrantes que, no seu dizer, acompanhavam comboios do exército, sucedendo-se com duas horas de intervalo e mantendo a linha de vôo com tanta exação, como se voassem em trilhos. Com efeito, precipitando-se uma águia sôbre um dos bandos, êste executou uma curva em direção ao solo, arco seguido escrupulosamente pelo bando seguinte, embora não o atacasse nenhuma ave de rapina. Logo, os animais migrantes orientam-se por qualquer "pista" que nós ainda não conhecemos. Provàvelmente linhas de fôrça magnética, pois o rádio, o radar e as manchas do sol perturbam as revoadas de aves e de pombos-correios, a ponto de os desorientar totalmente. Essas linhas condutoras explicam o fato de acertarem as aves, retardatárias, em vôo individual e sem conhecer o caminho, a direção seguida pelas que as precederam, sem poder vê-las.

O sinal para o vôo deve provir dalguma excitação específica da atmosfera, porque a febre de partir acomete não só as aves livres, mas também as que vivem cativas, engaioladas nas casas ou nos jardins zoológicos e que nunca experimentaram a liberdade ou a vida em

comum. Se a ave cativa pertencer ao grupo das que viajam de noite, é depois do pôr do sol que ela começa a alvoroçar-se, a esvoaçar entre as barras da gaiola; e, se a soltarmos, ela se vai imediatamente, em linha reta, para o outro extremo do globo terrestre! As aves marítimas, que passam em cada ano trezentos dias adejando sôbre a imensidade dos oceanos, uma bela manhã interrompem os seus vôos circulares e seguem diretamente para uma ilhota, um pontinho perdido no mar, a mais de mil quilômetros de distância, onde encontram aves irmãs, congregadas para o acasalamento e o chôco. A hipótese mais aceitável é que o campo magnético sôbre o mar, no qual essa ilha forma um nó, oriente as aves, como o redemoinho numa pia atrai irresistìvelmente um pau de fósforo para o esgôto. Mas, embora uma explicação dêste gênero, absolutamente plausível, se revelasse verdadeira e qualquer dêstes dias vejamos em letras garrafais: "Desvendou-se o segrêdo da migração das aves", tenhamos consciência de que não está nisso a verdade. A verificação dum fato não é a solução dum enigma. "Como se executa uma sinfonia de Beethoven?", pergunta a criança à mãe. "É muito simples, meu filho — responde ela — Os músicos sobem ao estrado, sentam-se, afinam os instrumentos; aparece o regente, empunha a batuta e soam os primeiros acordes da "Heróica".

Muito simples!

10) Os pingüins — uma sociedade de aves no pólo antártico

Quando o primeiro submarino subiu à tona, perto da grande Barreira de Ross, pouco depois emergia outro "submarino" — êste não de aço, mas de plasma: um pingüim, demonstrando que a arte de nadar debaixo da água também é cultivada pelas aves. Pousando na tolda que pouco emergia das ondas, o pingüim passou em revista a tripulação e — acaso ou ação deliberada? — dirigiu-se primeiro para o comandante. A poucos passos dêle parou, fêz uma reverência, voltou-se, repetiu a mesura para o oficial postado junto do capitão. Depois de saudar assim os tripulantes, um por um, e porque evidentemente ninguém lhe respondia com amabilidade, o pingüim caminhou para um canto onde permaneceu dois dias, muito quieto, observando com interêsse tudo o que se passava em tôrno dêle. Afinal pulou a amurada, mergulhou e desapareceu. Fôra a visita oficial dum emissário da raça dos pingüins aos representantes da raça dos homens, seus prováveis parentes porque, tal como essas aves, emergem do mar, caminham em posição vertical e são, como elas, exímios palradores.

Essa visita de cumprimentos repete-se, tôda vez que uma expedição "aparece" no vasto império dos pingüins, as regiões antárticas, até hoje ainda pouco freqüentadas pelos humanos. Mal os homens aportam às vizinhanças duma colônia, os pingüins acodem em delegações de dez personagens importantes, encasacadas e bem penteadas; executam as

suas reverências de côrte, com a correção duma etiquêta, e pronunciam breves discursos de boas-vindas, numa língua que nós ainda não entendemos, mas por certo decifraremos no curso dos próximos decênios, com o auxílio de gravações.

Os pingüins, ainda pouco estudados, figuram — por uma série de razões — entre os animais da atualidade mais merecedores de interêsse. Chegados evidentemente às terras antárticas pela ruptura de Gondvana, são o que resta de aves primitivas e parentes, quer das avestruzes, quer da ave *moa*, já extinta. À semelhança dos marsupiais da Austrália, têm no abdome uma bôlsa para a cria; pelo que se sabe até hoje parecem chocar ali o ôvo e só o entregar ao mundo exterior quando o embrião já tenha passado por uma fase considerável do desenvolvimento. Como carregam o ôvo dentro de si e são animais fortes e temíveis na cólera, não é fácil surripiar-lhes êsse ôvo. Para levar à Inglaterra alguns dêles, vivos e frescos, o Capitão Scott incumbiu da tarefa três dos seus companheiros que, por um triz, não pereceram nessa expedição à cata de ovos de pingüim, durante um "blizzard" mortífero, quando a fúria dêsse tufão lhes carregou a tenda. E os ovos não chegaram à Inglaterra; com efeito, semanas depois, êsses abnegados entusiastas a serviço da ciência morriam à míngua, com o Capitão Scott, nos gelos polares. A tragédia, imortalizada por êsses autênticos heróis do gêlo, até ao derradeiro instante, em diários e cartas de despedida, é digna de figurar entre os documentos humanos mais empolgantes não só da história dos descobrimentos, mas também da literatura universal.

Como, no frio glacial da longa e borrascosa noite polar, o ôvo requer cuidados especiais e o pingüim real, com mais dum metro de altura, põe só um ôvo, o instinto da prole é excepcionalmente desenvolvido. Sucedendo-lhe perder o ôvo, o casal de pingüins procura uma pedra, ou uma lata de conservas, que lhes foi arremessada pelos homens, e trata êsses objetos como se fôssem o ôvo vivo — sinal de que aí está agindo um instinto hereditário, incoercível. O pai e a mãe repartem o encargo de chocar os ovos; o pai é, porém, um senhor pedante; não aceita o ôvo sem cerimônias, mas principia por um interrogatório formal da fêmea, evidentemente para se inteirar do estado dela, do grau de cansaço, dos motivos justificados por que ela requer que êle a substitua; só depois de se convencer do acêrto das razões da companheira, se declara em princípio pronto a prestar o seu concurso. Mesmo aí, não toma o ôvo ao seu cuidado, sem condições; pavoneia-se em várias voltas à roda da mãe, contemplando-a de todos os lados. Convida-a, em seguida, a entregar o ôvo e examina-o como um inspetor da Alfândega. Só então, com uma reverência profunda, corretamente executada, dá a entender que reconhece o desvêlo da sua estimada espôsa e está disposto, para o bem da vida da família e da saúde dela, a aceder à sua justa pretensão e a dar-lhe liberdade por um prazo estipulado (Fig. 218, 1). Machos e fêmeas não se distinguem

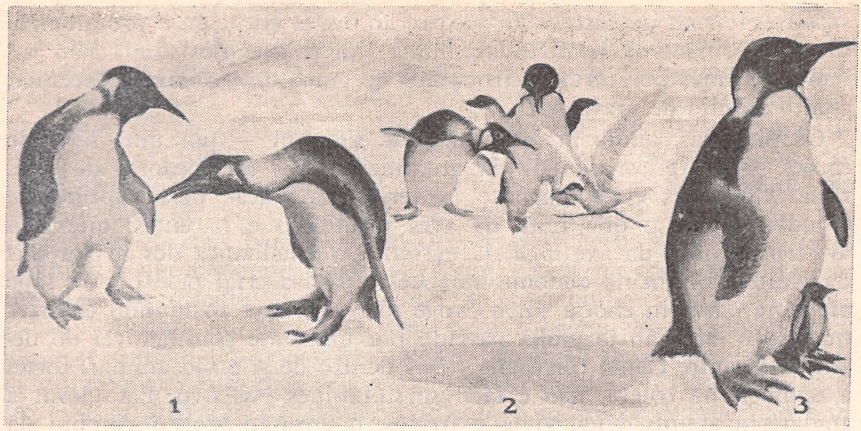


Fig. 218 — OS PINGÜINS trazem os ovos numa bôlsa ventral. 1) O macho toma a seu cargo o cuidado de chocar o ôvo por horas — só o faz, porém, depois dum exame pedantesco. 2) Uma gaivota rapineira apossa-se do ôvo. 3) O filhote, passeando no dorso da pata paterna.

exteriormente uns dos outros — mais um indício de primitivismo; e, até hoje, não se conseguiu descobrir um sinal caraterístico de diferença. Mesmo secionando um pingüim morto, só a presença dum ovário mostra que se trata dum espécime feminino. Fato surpreendente: o pingüim real choca o ôvo durante a noite polar, com frio de trinta e cinco a quarenta e cinco graus abaixo de zero e um vento que, em três minutos, converteria um homem desabrigado numa coluna de gêlo. Na bôlsa ventral da ave reina, porém, uma temperatura de quarenta graus acima de zero! Em razão das condições desfavoráveis do seu *habitat*, os pingüins desenvolveram um poder de resistência que os torna, por assim dizer, invulneráveis; só morrem, quando se lhes esgota enfim a energia vital. Se ao gato se atribuem nove vidas, o pingüim tem noventa e nove. Mesmo um tiro de espingarda difìcilmente o derruba; e até com altas doses de clorofórmio é difícil narcotizá-lo. Não há meio de discernir se essa resistência é o resultado da adaptação a um clima terrível, ou inversamente, se o pingüim é um dos raros animais que logrou subsistir no fragmento polar de Gondvana, justamente graças à sua vitalidade. Como na maioria dos casos, também neste exemplo causa e efeito podem confundir-se num "circulus". O isolamento do animal, nesse fragmento de terra separado do continente, a ausência de inimigos animais, talvez possam explicar também a índole singularmente pacífica e a atitude pacata e digna dessa ave. Os pingüins vivem em comunidades numerosas, onde reina uma ordem social tão exemplar, que dêles se tem dito: os pingüins não são uma colônia de animais, e sim "a nação civilizada das regiões antárticas".

O pingüim é o modêlo do cidadão. Preza a paz e não se deixa arrastar a agitações subversivas. Porta-se invariàvelmente como patriarca respeitável, como se cada um dêles fôsse membro do conselho da municipalidade. Anda, de manhã à noite, de fraque prêto e colête branco, sempre irrepreensìvelmente limpo e impecàvelmente penteado. É a personificação da dignidade e, no trato social, um exemplo de cortesia. Nunca fala sem fazer a sua mesura; acompanha as suas frases com gestos comedidos. Naturalmente o pingüim é um pai de família exemplar, fiel à companheira. Quando se divulga na colônia a novidade dum adultério, ou mesmo dum simples flêrte, há escândalo público. De acôrdo com o seu modo de ser, o pingüim não é um namorado piegas ou um Romeu apaixonado; pelo contrário — nem é de se esperar outra coisa dum filho de burguês de boa família — faz decorosamente a sua proposta de casamento e celebra depois núpcias absolutamente burguesas, visando ao bem-estar prático e à conservação da colônia. Aproximando-se as poucas semanas que o mundo polar dedica à tarefa da reprodução, os pingüins casados levantam, em cooperação solidária, a maternidade onde encontram asilo centenas de mães esperançosas. A construção é de pedras que, não raro, os maridos têm de trazer de longe. Nisso também não perdem a dignidade inata; portam-se como os membros dum clube aristocrático, a cada um dos quais coubesse contribuir com um tijolo, para a ereção da sede social. Cuidam zelosamente de que todos forneçam o seu bloco de pedra. Não admira que êsses cavalheiros, afeitos a perambular encasacados mesmo em dias não festivos, metendo em tudo o nariz bisbilhoteiro, pronunciando sermões intermináveis, não gostem de trabalho manual. Sucede assim que êste ou aquêle finja carregar pedras, arquejando de cansaço, quando na realidade não faz senão bambolear-se de mãos vazias, entre a maternidade e a pedreira. Às vêzes leva o embuste ao ponto de apanhar uma pedra no próprio local da obra e simular que a trouxe de longe. Denunciado como trapaceiro pelas fêmeas, que observam com ôlho crítico e franca satisfação o trabalho dos maridos, o "criminoso contra o interêsse público" é condenado ao linchamento. Representantes dos dois sexos o surram em bando, a golpes de barbatanas que rebentariam um crânio humano; e o infrator estaria morto, se fôsse possível matar um pingüim.

Uma das raras ocasiões em que vemos o pingüim perder a dignidade, é quando os filhotes saem dos ovos. Sob o impulso do instinto materno, que atinge nesses dias o auge, irrompe a luta pelos filhotes. Como as fêmeas põem só um ôvo por ano e às vêzes nenhum, levando-se em conta os ovos não fecundados e destruídos, compreende-se fàcilmente que haja menos filhos do que pares de pais. Dado que todos êles se orgulham — o típico orgulho burguês! — de ter descendentes, nesse período a maternidade vibra de excitação e a luta pelos filhotes causa a morte duma percentagem considerável de pingüins recém-nascidos. Ora, se apesar dessa dizimação suicida, praticada anual-

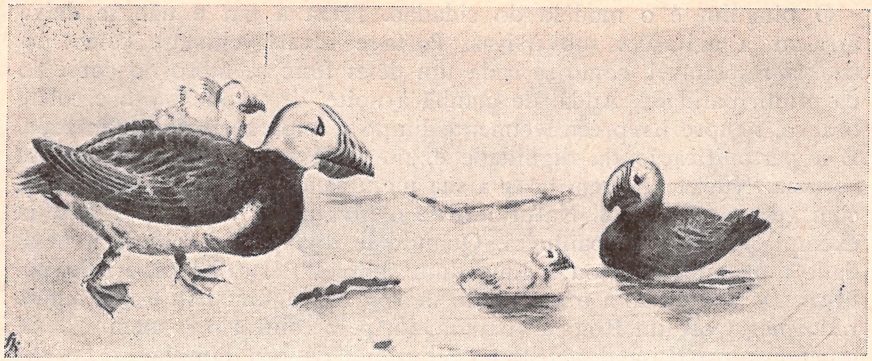


Fig. 219 — TREINANDO PARA A VIDA, I. Para ensinar a natação aos filhotes, que receiam a água, a úria leva-os às costas.

mente, os pingüins não se extinguiram, é de crer que, para manterem inalterado o número da sua população, êles vivam aproximadamente trinta e cinco anos.

Os seixos estão frios; papai pingüim apresenta a pata ao filhote e êste agacha-se no capacho quente — (Fig. 218, 3). Como tôda criança, os filhotes têm mêdo da água; ao iniciar o treino de natação, o pai pingüim tem de impeli-los dos recifes para o mar onde os mantém mergulhados, segurando-os com as asas. As úrias, que soem conviver com os pingüins, nadam como patos e carregam às costas os filhos medrosos (Fig. 219), enquanto a águia, nos primeiros ensaios de vôo, leva o filhote através do espaço na asa, como numa asa de avião (Fig. 221).

Quando quer alimentar o filhote, o pingüim mergulha; engole alguns peixes e deixa-os macerar um pouco no estômago. Estando êles meio digeridos e liquefeitos, o pingüim regurgita a mistura oleosa e o filhote sorve-a através da goela aberta.

Entre as aves aquáticas, que apanham a prêsa no ar, o pai voa no alto com um peixe, a mãe muito abaixo e o pequeno entre ambos, a fim de apanhar o peixe. Falhando-lhe a habilidade, a mãe apara o peixe embaixo. Assim a ave destinada a caçar voando, faz o seu aprendizado na dura escola da vida (Fig. 220).

O pingüim é um dos descobrimentos que nos obrigam a reformar as nossas noções. Aí temos, na região mais solitária do globo, no pior dos climas, um estado animal como o dos pingüins que não são sêres "superiormente evolvidos" e sim aves històricamente antigas, que se conservaram extremamente primitivas e nos acolhem com cordialidade humana, rara nos animais, tanto que parecem destinadas a ser um dia companheiras domésticas do homem. O pingüim não trava encarniçadamente a "luta pela existência" contra o frio, a noite polar e as "perenes tempestades antárticas". Não; essa ave primitiva criou ali

Fig. 220 — TREINANDO PARA A VIDA, II. As aves de rapina fazem os filhotes passar fome; depois os soltam no espaço e lhes arremessam prêsas. Se os filhotes não as apanham, são castigados com novas privações.

uma forma de sociedade que figura entre as conquistas capitais do reino animal. Como não se lhe oferece possibilidade nem estímulo para voar, o pingüim mudou as asas em barbatanas e mergulha como um peixe. Em lugar de se esconder do frio que, segundo as regras da história natural, o deveria congelar, o pingüim passeia com temperatura de quarenta graus abaixo de zero, acalentando o filho numa bôlsa ventral onde um termômetro marcaria a mesma temperatura...

Fig. 221 — TREINANDO PARA A VIDA, III. A águia ensina os filhos a voar, adejando abaixo dêles e sustentando-os com as asas.

mas acima de zero. Os machos vivem em "clubes"; as fêmeas em "associações", e tôda a sua existência está regulada como num país civilizado. Tudo isto pouco se adapta ao quadro da clássica teoria da evolução. Mestre Pingüim, que nos visita em comissões e nos dá as boas-vindas com reverências e discursos, diz: "Os senhores têm de aprender de novo. A sua teoria da evolução não é errônea; é um dos maiores conhecimentos do seu tempo, uma das maiores verdades que emergiram das profundezas do mistério do universo. Mas, francamente, não basta; se explicou aos senhores muitas coisas, não nos ensinou coisa nenhuma!" Dito isto, uma mesura; e o senhor Pingüim volta-nos as costas.

Capítulo XVII

OS MAMÍFEROS

1) A invenção sensacional e característica dos mamíferos: a dentadura

Graças a duas circunstâncias felizes, estamos mais bem informados sôbre a pré-história dos mamíferos do que acêrca da maioria dos outros animais. A primeira dessas circunstâncias é a indestrutibilidade dos dentes. Os mamíferos são os primeiros animais que desenvolveram uma dentadura. Todos os vertebrados têm dentes; mas os peixes, os

anfíbios e os reptis criam só alguns, de raízes fracas: dentes que ao têrmo de certo tempo caem — como os nossos cabelos — e são substituídos. Um tubarão produz, durante a vida, mais de cinco mil dentes; um bagre de bom tamanho, dez mil; um grande reptil, dois mil. Já dêsse número elevado deduzimos que êsses animais não têm dentadura, porque uma quantidade de dentes não é uma dentadura. Uma dentadura consiste num aparelho para morder e triturar, formado por duas filas paralelas de dentes duradouros, cada um dos quais, inserto em dados pontos dos maxilares, coincide com o dente oposto. Como os dentes ocupam lugares determinados e os dentes opostos sempre se apertam e comprimem da mesma forma, cada um dêles assume uma forma característica da qual é possível inferir a origem, a posição e também o feitio dos dentes opostos, mesmo que êstes já não existam. A pressão dos dentes opostos faz que êles se juntem aos grupos, com raízes múltiplas na parte de baixo e uma larga superfície ponteada de várias saliências na parte superior. Êsses dentes de raízes múltiplas nascem exclusivamente nos portadores de dentadura; são, conseqüentemente, característico dos mamíferos. Foi por volta do período permiano, isto é, há cêrca de cem milhões de anos, que apareceram pela primeira vez, num reptil, grupos de dentes dêsse formato. Em conseqüência, os terodontes, animais com dentadura, são reputados o tronco original dos mamíferos. O primeiro reptil com dentadura nìtidamente desenvolvida foi o *allotherium,* criatura quase do tamanho dum rato, que podemos designar como o primeiro mamífero. Não pode ser o antepassado direto dos mamíferos, porque já estava especializado num determinado sistema de vida. Alimentava-se, como o demonstram os dentes, de vegetais e talvez concomitantemente de animais menores, como insetos, aracnídeos, moluscos, mariscos e reptis. Costuma-se dizer que êsse animal era insetívoro, mas essa expressão pode induzir em êrro. Os primeiros mamíferos nutriam-se duma mescla de ervas, frutos, insetos e animais pequenos; convém, pois, designar essa mistura como alimentação inicial dos mamíferos.

De tôdas as formas primitivas de transição de reptil para mamífero, não subsistem restos, salvo os dentes. Com efeito, êsses animais, pequenos como camundongos ou, no máximo, do tamanho dum ratão, ou eram devorados já em vida pelos inimigos ou carcomidos, depois de mortos, pelas formigas — até ao esmalte dos dentes. As formigas tiveram o cuidado de acumular para os nossos paleontólogos, em montes especiais, essas coroas de dentes que não puderam devorar e que lhes estorvavam o trabalho nos ninhos. Acharam-se, pois, pequenos depósitos de dentes que permitem reconstituir dentaduras mais ou menos completas. É incrível a quantidade de coisas que um técnico pode deduzir dessas minúsculas coroas de dentes: o tamanho do animal, a forma dos seus maxilares e daí o feitio da cabeça; a dentadura dá a conhecer o gênero de alimentação e desta podem-se tirar amplas conclusões sôbre o modo de vida do animal e o ambiente em que êle se move. Graças a isso conseguiu-se inserir animais, de que não restavam

senão alguns dentes, em árvores genealógicas claramente definidas, se bem que ainda incompletas: "Pelos teus dentes eu te reconhecerei".

Verificamos pelos dentes que os mamíferos são muito mais antigos do que se presumia até hoje. Não "descendem dos reptis" nem apareceram logo depois das aves; mas, entre os reptis primitivos, um grupo desenvolveu uma dentadura. Êsses portadores de dentadura evolveram num sentido em aves, e noutra direção em mamíferos. Os pequenos mamíferos primitivos são anteriores aos grandes sáurios; e, quando a primeira ave, o *archeopteryx,* munido de dentes, apareceu nas árvores, já apareciam no solo os minúsculos roedores pré-históricos. Talvez haja sido êle — como nos autoriza a crer a sua dentadura — o inimigo, o devorador dêsses pequenos sêres. O pêlo do mamífero é mais antigo do que a plumagem da ave.

2) O espécime 1 de mamífero: o animal de cloaca, que ainda punha ovos

A segunda circunstância que podemos considerar feliz para a pesquisa científica, é a ruptura do continente austral de Gondvana, justamente na época em que os primeiros mamíferos acabavam de povoar essas regiões. Com os fragmentos daquelas terras foram-se então mamíferos primitivos; separados das demais partes do mundo, escaparam assim de serem exterminados pelos mamíferos maiores e mais agressivos das épocas ulteriores. Além disto, a sua pátria insular, sossegada e pobre de acontecimentos sensacionais, não lhes deu ao que parece estímulo para se transformarem; êles se conservaram, pois, como "fósseis vivos". Na realidade, apenas como restos insignificantes. Com efeito, quando os europeus descobriram o quinto continente, os cães, os gatos e até — "halali!" — as rapôsas trazidos por êles, dizimaram essas espécies menores, ao mesmo tempo que as maiores, como os cangurus, eram escorraçadas dos espaços livres pelos rebanhos de ovelhas e de gado vacum. Êsses mamíferos primitivos trazem sinais inconfundíveis da sua afinidade com os reptis. À semelhança dos reptis e das aves, eliminam excrementos e secreções genitais pela embocadura do intestino que, por esta razão, se denomina cloaca. Tal como nas aves, funciona nêles só o aparelho genital esquerdo; e os seus ovos têm, como os dos reptis, casca fina. Aí surge, porém, o distintivo específico do seu tipo: êsses ovos não são expelidos imaturos como os dos reptis; o embrião desenvolve-se no ventre materno, sugando através da casca mole do ôvo as substâncias nutritivas do sangue da mãe. Quando vem à luz, já não é um ôvo e sim um embrião perfeitamente organizado. Muitos dêsses animais de cloaca são dotados duma bôlsa ventral, onde trazem os filhos até à plena maturação. Enquanto os filhotes permanecem nesse saco, a mãe os alimenta com a seiva do séu corpo, e êsse sistema de nutrição distingue os mamíferos dos seus primos: os reptis e as aves. Os primeiros mamíferos, os animais de cloaca, ainda não ali-

mentam os filhos com leite, à maneira dos mamíferos de épocas ulteriores, e sim com suor. A mãe deita-se de costas e o filho lhe sorve a transpiração nutritiva, expelida por uma cavidade do abdome. Portanto, "sorvendo" em vez de "sugar", o animal de cloaca não é "mamífero" no sentido estrito da palavra (Fig. 222, 2).

Em linguagem científica, "primitivo" não tem tom depreciativo; significa "original", "de formação primordial", "ainda não especializado". Não é absolutamente um defeito; são primitivos o martelo, a roda, o prego, estas grandes invenções da técnica ainda hoje não "superadas". Ser primitivo é uma vantagem; e, se algum de nós fôsse condenado hoje a viver numa ilha e pudesse levar sòmente meia dúzia de objetos, escolheria utensílios primitivos que pudesse utilizar de várias maneiras. Os animais de cloaca são primitivos; mas justamente por isso estavam em condições de assumir múltiplas formas, e encontramos entre os mamíferos da Austrália indícios de uma variedade de mamíferos ulteriores. Um dêles, que se alimenta de formigas, recebeu a denominação de équidna e se parece com o ouriço, porque os pêlos do seu corpo se transformaram em espinhos. Parado, tem certa semelhança com o elefante e poderia parecer seu antepassado (1). O ornitorrinco aquático anda em terra, bamboleando-se nas patas traseiras, como se fôsse irmão do pingüim. Na água, onde esgaravata o lôdo à cata de vermes e larvas, não seria difícil tomá-lo por uma lontra. Êsses animais de cloaca derivam do tempo em que o espírito criador universal apanhava um punhado de plasma e moldava, na mesa de trabalho da natureza, o novo tipo de animal: o mamífero; e, nesse modêlo, estavam esboçados de antemão os traços de todos os tipos.

3) O espécime 2 de mamífero: o marsupial que dá à luz embriões

O marsupial é em verdade o modêlo n.º 2 de mamífero; não deriva, no entanto, do modêlo n.º 1, o animal de cloaca. Pertence a um ramo particular de mamíferos primitivos que evoluíram mais em direção aos mamíferos pròpriamente ditos. O marsupial já não põe ovos; a mãe aprendeu a arte de conservar o filhote no ventre, pelo menos um dos vários meses de maturação. Não é muito; é, porém, o princípio. Nesses animais, o filho também não é unido à mãe pela "placenta"; está sôlto no oviduto. O que depois vem ao mundo não é um "filhote" e sim o produto dum parto prematuro; os marsupiais menores não são, ao nascer, mais volumosos do que ervilhas; o próprio canguru gigante, que tem a altura dum cavalo, gera filhotes cujo tamanho não excede o da cria dos ratos brancos. A mãe agarra o mesquinho rebento com os lábios e aloja-o no saco abdominal. Aí, o "bichinho" arrasta-se até a uma das têtas e, depois de se apegar com fôrça, fecha-se-lhe a bôca. Mas a têta incha dentro da bôca fechada como um botão; e o embrião fica tão firme, que não o deslocam sequer os saltos da mãe (Fig. 223).

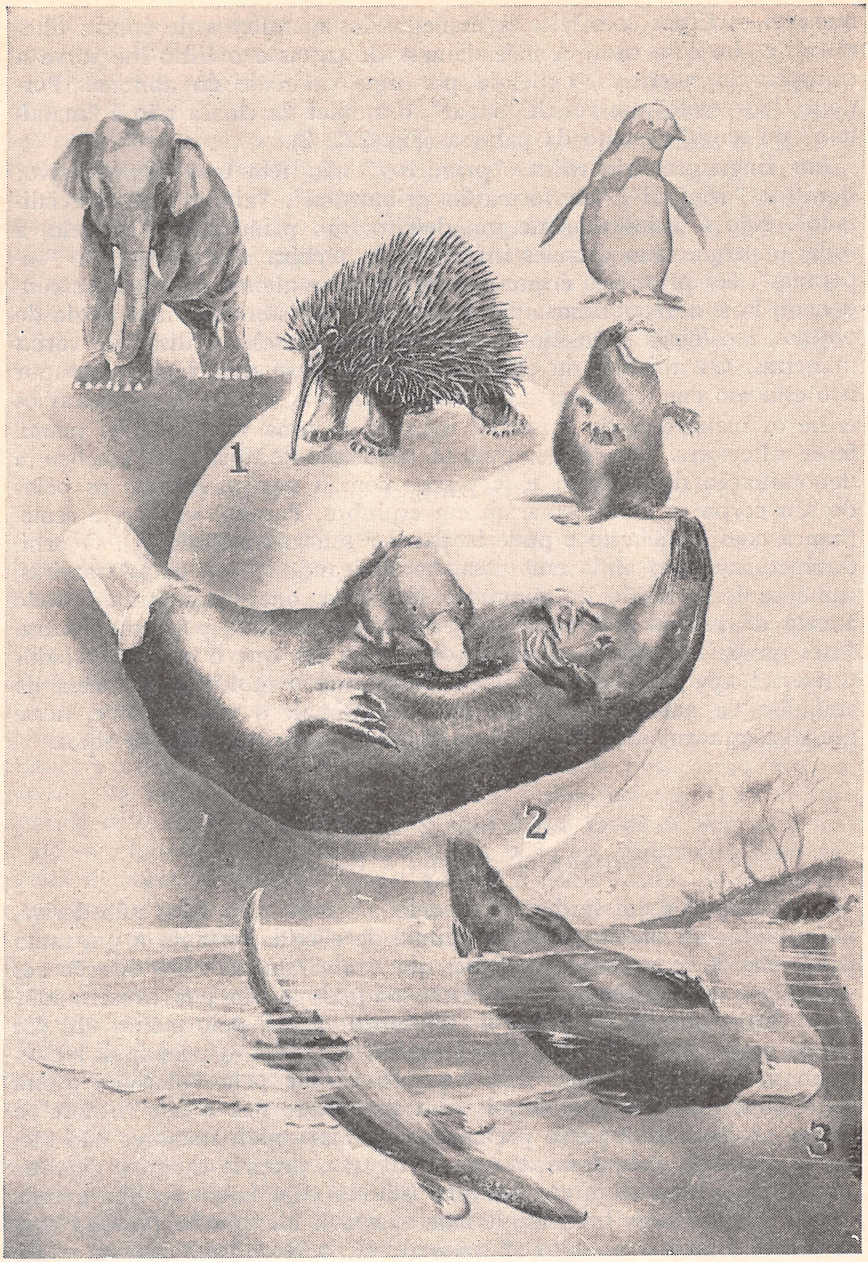


Fig. 222 — OS MAMÍFEROS PRIMITIVOS AINDA NÃO SÃO ESPECIALIZADOS. O équidna (1) assemelha-se ao elefante; o ornitorrinco (2) anda ereto como o pingüim e mergulha como a lontra (3).

Fig. 223 — O CANGURU AINDA NÃO DÁ À LUZ "REBENTOS VIVOS". O canguru (fecundado em janeiro) solta em fevereiro um embrião e aloja-o no saco abdominal onde êle permanece meses, pendurado às têtas. Em outubro, o filhote abandona a bôlsa materna; é, porém, tão "agarrado", que a mãe tem de o "pôr na rua" à fôrça.

Depois de sugar pacientemente seis meses, o filhote deixa de mamar; muda de posição no saco ventral, ergue os olhos e espia o mundo. Fica assim dois meses, à janela da natureza; finalmente aventura-se a pular para fora; mas para voltar ao abrigo quentinho. Habituou-se tanto a êle, que no fim a mãe tem de expulsá-lo à fôrça. Certa vez, abatendo um canguru, apanharam-se três gerações: o animal morto, na bôlsa dêste uma filha viva, e o filhote desta agarrado às têtas.

O canguru é uma criatura de inteligência pouco desenvolvida. Revela-se tão pouco sensível e tão alheio ao seu ambiente, que no cativeiro nem conhece a pessoa que o trata; ao contrário do grou, que nas tardes de domingo, com a gaiola cercada duma multidão de curiosos, desata de repente a grasnar e a bater as asas, se vislumbrar, mesmo ao longe, o tratador no ajuntamento. Com os próprios filhos, o canguru não se mostra carinhoso: em horas de perigo, escorraça-os da

Fig. 224 — O KOALA.

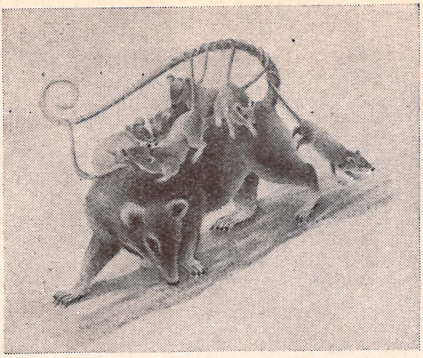


Fig. 225 — A FILANDRA.

Fig. 226 — A "TOUPEIRA" (MARSUPIAL).

bôlsa, para fugir mais depressa. Nem todos os marsupiais são tão pobres de sentimentos: pelo contrário! O pequeno marsupial koala, o modêlo dos ursinhos de loja de brinquedos, é muito amoroso, inteligente; e, como a ave abandonada, suicida-se quando lhe morre o companheiro (Fig. 224). É o inventor da "chewing-gum"; gosta com efeito de chupar barro, misturado com hortelã-pimenta. O koala — o animal mais difícil de alimentar, motivo por que raramente é visto em jardins zoológicos — só come certos tipos de fôlhas de eucalipto, cujo aroma penetrante foi talvez o que o tornou, na história, o primeiro apreciador da goma de mascar. Outros marsupiais, as filandras, são tão amorosos que, na época de dar liberdade aos filhotes, os trazem às costas seguros pelo rabinho; por isso também são chamados "enéias" — embora o Enéias troiano, fugindo de Tróia em chamas, não levasse às costas os filhos e sim o seu velho progenitor (Fig. 225).

Como tôda criatura primitiva, os marsupiais são extremamente plásticos e produziram no seu continente isolado uma verdadeira série de tipos radicalmente diversos, que assumiram forma aparente análoga à dos mamíferos, sem terem com êles nenhuma relação histórica. Há entre os marsupiais uma "toupeira" dotada de "pás" (Fig. 226); "esquilos", "morcegos"; o "tigre" da Tasmânia; uma "hiena" de couro zebrado, que uiva durante a noite (Fig. 227). Dir-se-ia que a natureza nos exibe com êles uma experiência biológica, em escala continental: se o plasma chega ao ponto de se tornar mamífero, os rumos da sua evolução estão traçados: há de ser lôbo e morcêgo, toupeira, tigre e hiena; pouco importa onde, pouco importa quando. E, mais uma vez, nos defrontamos forçosamente com esta conclusão: em todos os mundos *pode* haver, em muitos *haverá* vida; em todos onde exista, a vida será a mesma. O universo é uno. E nem tão grande como parece. Um vasto jardim de Deus...

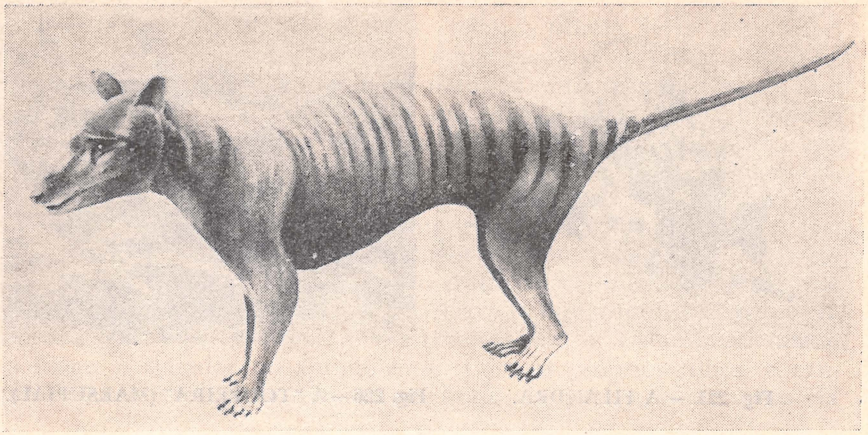


Fig. 227 — A "HIENA" (MARSUPIAL).

4) Os dezesseis característicos do mamífero

O mamífero é caracterizado pelos traços distintivos seguintes:

1) *As sete vértebras cervicais.* O número das vértebras cervicais, sete, é um dos característicos mais interessantes dos mamíferos. Todos os mamíferos, com raras exceções isoladas, apresentam sete vértebras cervicais: o musaranho como a girafa, o elefante como o ouriço (Fig. 228) — uma das provas mais convincentes da unidade histórica da espécie. Não é menos digna de nota a segunda verificação: os mamíferos têm o mesmo número de vértebras cervicais que os sáurios alados (Fig. 229, 3). Descendem evidentemente dum reptil do qual provêm, dum lado, os sáurios voadores, por outro lado os mamíferos. Os sáurios alados são os mais hediondos dos reptis, da mesma família que os mamíferos e, portanto, que o homem! As aves não podem ter nascido dêsse ramo; o seu antepassado foi por certo um reptil com quatorze — ou outro número aproximado — de vértebras cervicais. O pardal tem mais vértebras cervicais do que o cavalo.

2) *O pêlo.* Os peixes e os reptis têm o corpo coberto de escamas; as aves revestem-se de penas; os mamíferos, de pêlos. Os pêlos não são escamas transformadas; brotam, em grupos de três, das lacunas entre as antigas escamas, como se vê claramente na epiderme do homem e sobretudo na cauda do rato. A natureza dos pêlos faz remontar os mamíferos a uma origem muito antiga: històricamente, os pêlos são anteriores às penas.

3) *As glândulas sudoríparas.* As glândulas sudoríparas são uma invenção do mamífero que regula, mediante a transpiração, a quantidade dos humores do corpo e a temperatura do sangue, porque a evaporação do suor abaixa a temperatura da pele. Nem todos os mamí-

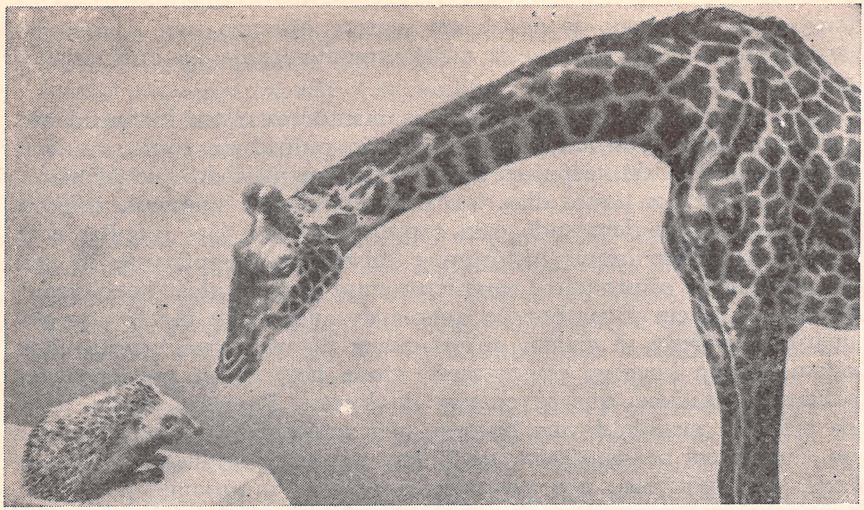


Fig. 228 — TODOS OS MAMÍFEROS TÊM SETE VÉRTEBRAS CERVICAIS, porque derivam dum insetívoro com sete vértebras cervicais. Duas exceções insignificantes: a preguiça, com nove vértebras; o peixe-mulher, com seis vértebras.

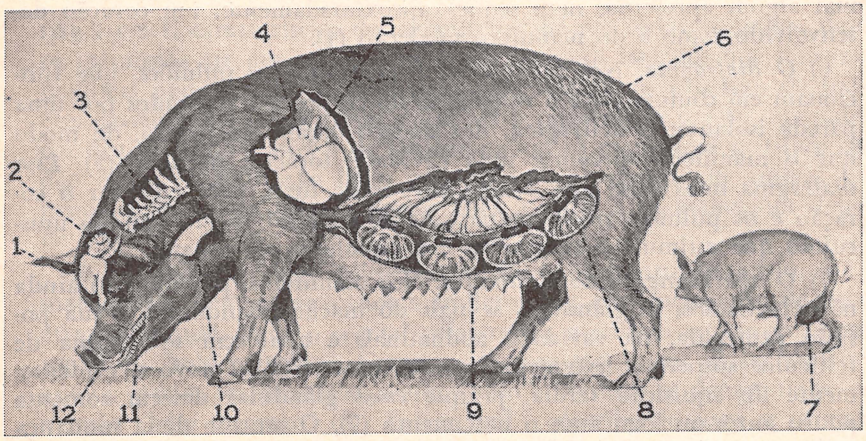


Fig. 229 — OS CARACTERÍSTICOS MAIS IMPORTANTES DO MAMÍFERO: 1) Orelha. 2) Cérebro. 3) Sete vértebras cervicais. 4) Coração de quatro cavidades. 5) Diafragma. 6) Pêlo. 7) Testículos. 8) Placenta. 9) Mamas. 10) Laringe. 11) Dentadura. 12) Lábios.

teros suam. O cavalo se desfaz em suor; o cão não sua. A presença das glândulas sudoríparas está evidentemente ligada ao característico seguinte.

4) *O sangue quente.* As aves e os mamíferos, êstes independentemente daquelas, introduziram a calefação central do corpo. Na arte do aquecimento do corpo, as aves avançaram mais do que os mamíferos, que até aos nossos dias, isto é há duzentos e cinqüenta milhões de anos, se vêem debatendo com o problema. Êste fato singular deve ter naturalmente causas históricas e talvez possa explicar-se da maneira seguinte: os primeiros mamíferos eram os chamados "insetívoros". Os insetos vivem só na estação quente do ano; assim também os primeiros mamíferos só viviam pròpriamente no verão; no inverno, dormiam o sono invernal como fazem, ainda hoje vários pequenos mamíferos primitivos, que se nutrem de insetos. Portanto, muito além da primeira metade da sua história, não necessitavam de aquecimento do sangue; em conseqüência êste é uma aquisição tardia e nova ainda hoje, que, por isso, não podemos considerar pròpriamente "inata". Como vem ao mundo com uma graduação térmica defeituosa, o recém-nascido necessita nas primeiras semanas de cuidados intensivos. Eis por que todos os mamíferos se deitam sôbre os filhotes, e êstes se insinuam instintivamente debaixo do corpo da mãe.

5) *Coração de quatro cavidades.* O coração, que principiou nos vertebrados como simples tubo muscular, com uma dobra na parede à maneira de válvula, foi-se aperfeiçoando gradualmente no curso da história e chegou nos mamíferos — sob forma de bomba dividida em quatro partes para distribuir, dum lado, o sangue ao corpo e conduzi-lo do outro aos pulmões — ao ponto culminante da sua evolução. Animal algum apresenta, nem sequer aproximadamente, um coração desenvolvido como o do mamífero moderno (4).

6) *O diafragma.* Nos mamíferos, o coração e os pulmões, que funcionam em comum para a ventilação do corpo, são separados por uma parede isolante: o diafragma, dos demais órgãos do tronco, de modo que o mamífero apresenta uma cavidade torácica peculiar (5). Êsse diafragma musculoso não é uma parede de luxo, para encerrar o coração e os pulmões num compartimento especial; é um êmbolo musculoso que estimula a respiração e a circulação do sangue.

7) *O aparecimento dos testículos.* Nos mamíferos, por motivos ainda não elucidados, as glândulas sexuais do macho abandonam a sua posição protegida, na cavidade abdominal, e aparecem sob forma de testículos suspensos livremente — um característico novo e evidentemente de aquisição tardia, já que essas glândulas descem sòmente pouco antes ou logo após o nascimento (7). O sentido dessa mudança tem provocado muitos debates; não se encontrou, no entanto, uma explicação razoável, embora seja óbvio que essa alteração estranha da posição dum órgão de importância tão vital, e tão necessitado de proteção, obedeceu por certo a uma razão plausível. No quadro geral da

natureza, a descida dos testículos se reveste de interêsse particular, porque nos põe perante um fenômeno a que não quadram como causa nem a conveniência, nem a necessidade; contrasta, pelo contrário, com o interêsse da conservação da espécie. Aqui vemos mais um exemplo de que, na história da evolução, colaboram fatôres hoje ainda desconhecidos, ou subestimados, que estão além de tôda tendência e explicação técnica.

8) *O seio materno, "mamma".* O equivalente da manifestação dos testículos no macho é o aparecimento dos seios na fêmea (9). Nos mamíferos quadrúpedes, os seios pendem do abdome, voltados para baixo; os primatas, depois da ereção do tronco e da perda do pêlo, os trazem à vista, como distintivo sexual que anuncia ao mundo a maturidade da sua portadora. À semelhança de quase todos os órgãos da superfície externa do corpo, êles também evolveram de aparelhos originàriamente funcionais a ornamentos que emprestam ao corpo uma determinada fisionomia. Para a mulher moderna — que, em virtude da repressão atual e, por certo transitória, dos seus instintos, não amamenta o filho — os seios já não são "órgãos"; são meros cartazes para Eros e o Sexo.

Esforçando-se por falar, a criança emite como primeiro som um *m* surdo; a mãe naturalmente refere a si própria êsse primeiro fonema e faz entender ao bebê que *m* é ela. Em conseqüência, quase em tôdas as línguas, o som *m* tornou-se a sigla de *mãe* ou "mama", nome internacional. A ciência apossou-se dessa sigla para designar o seio materno e deu aos mamíferos a denominação de "mammalia", isto é, animais de seios maternos.

9) *O parto de filhos maduros para a vida.* Dar à luz "filhos vivos" não é em si característico dos mamíferos; há em tôdas as classes, desde os infusórios até aos peixes e os reptis, animais isolados que dão crias maduras para a vida. Característico dos mamíferos é o fato de todos êles darem à luz filhos vivos, de se ter transformado o caso esporádico em distintivo da classe, e de amamentarem os mamíferos os filhos que dão à luz. A definição dum mamífero é, portanto: um animal que primeiro dá à luz filhos prontos para a vida, e os amamenta depois de nascidos.

10) *A placenta.* Para alimentar o filho no ventre materno, até à maturidade, desenvolve-se nos mamíferos um entrelaçamento de veias, através do qual, como o vegetal pelas raízes, a criança está ìntimamente unida ao "solo materno". Como a placenta esponjosa, ao ser expelida após o parto, se assemelha a um "bôlo", costuma-se denominá-la em alemão "bôlo materno" (8). Talvez tenha contribuído para se originar esta denominação o fato de que os animais, depois de nascer o filhote, costumam comer a placenta — medida de proteção, primeiramente porque essa massa sujeita a decompor-se sujaria o ninho e, em segundo lugar, atrairia pelo faro inimigos, ao lugar onde há recém-nascidos.

11) *A laringe.* É uma conseqüência natural da evolução o fato de duas criaturas inteligentes como a ave e o mamífero, que se movem na atmosfera, usarem as ondas sonoras, de emissão fácil, como meio de expressão e de entendimento (10). O extraordinário não é tanto o fato quanto o método: quer a siringe da ave, quer a laringe do mamífero, considerando o aspecto externo, são aparelhos tão extremamente simples, que é pròpriamente um mistério o modo como o órgão, tão pequeno e tão simples, duma garganta de pássaro pode produzir as ricas modulações e o canto sonoro dum tordo ou dum rouxinol. Induziu-se a famosa Adelina Patti a legar a sua laringe à posteridade, para que se pudesse admirar o instrumento que encantara uma época. Assim se fêz. Entretanto ninguém cai em êxtase, diante dessa conformação anatômica. Numa laringe, embora seja a da Patti, não há o que admirar; menos ainda do que no Stradivarius mudo, guardado numa vitrina.

12) *Caracol e pavilhão do ouvido.* Para captar os sons emitidos pela laringe, forma-se no interior do ouvido um teclado de cordas auditivas, que — até aos reptis — é muito simples e constitui uma espécie de filête. Nos mamíferos, alonga-se e se vai encaracolando em espiral. Do lado de fora, mediante um processo paralelo, uma aba de epiderme dilata-se em pavilhão do ouvido e converte-se em corneta acústica, para captar as ondas sonoras (1).

13) *Lábios.* Com o uso da voz, fortalecem-se e afinam-se os músculos que emolduram a bôca; aparecem os lábios (12). Só os mamíferos têm lábios; e entre êles só o homem os tem de feitio que, mesmo de bôca fechada, se lhes vê a orla vermelha. Tanto a orelha como os lábios são, além de órgãos de uso prático, traços ornamentais e meios de expressão do caráter. Pela orelha conhece-se a "constituição" inata e hereditária; pelos lábios, o caráter do sistema vegetativo, do aparelho digestivo e genital. São êles a porta da sensualidade.

14) *A musculatura mímica da cabeça.* Partindo da bôca, tôda a musculatura da epiderme do rosto aperfeiçoou-se e moldou-se num aparelho mímico. A mímica não é uma propriedade peculiar do mamífero ou do homem; tôdas as criaturas inteligentes praticam a mímica: o polvo, enrugando a pele e escurecendo a côr; o peixe, arrepiando as escamas, iluminando as barbatanas; as aves, arrufando e entufando as penas, lançando chispas pelos olhos. É nos mamíferos, porém, que, em virtude do predomínio crescente do cérebro, a mímica geral do corpo se concentrou no crânio — nos primatas, na fachada — que é o rosto. A mímica passou a ser jôgo fisionômico.

15) *A dentadura.* Dentre os característicos anatômicos, a dentadura (11) é — como o cérebro — distintivo essencial. Todos os outros encontram-se noutros animais, pelo menos esporàdicamente; ou, como os pêlos, carecem de importância para o caráter e o destino. A dentadura, porém, é característico exclusivo do mamífero; influenciou de-

cisivamente a história e o destino da espécie. A importância da dentadura só é ultrapassada pela do último característico:

16) *O cérebro.* O cérebro (2) é o órgão que deu aos mamíferos a primazia definitiva e incontestada entre tôdas as criaturas do nosso planêta; e, entre os mamíferos, é o homem que, graças ao acentuado desenvolvimento do cérebro, se tornou o príncipe dos "Mammalia". Todos os demais característicos — inclusive a dentadura — podemos admitir que faltem ou sejam substituídos por outras construções. Mas tiremos o cérebro dum crânio, e o cão deixará de ser cão, o cavalo e o leão já não serão nem cavalo nem leão.

Causou impressão profunda, que os espectadores jamais esquecerão nem poderão perdoar e que revoltou com razão a parte seleta do público, o filme "cultural" que reproduzia as experiências da escola do grande frenólogo Monakov. Apareceu na fita um macaco, bem disposto, alegre, brincando inteligentemente com o seu tratador; ao têrmo de poucos segundos, reaparecia o mesmo animal, depois de lhe ser extraída a camada exterior do cérebro; via-se uma máscara, fitando os olhos cegos no mundo que já não existia para êsse corpo sem cérebro. Diante dêle, o mesmo tratador oferecia-lhe uma banana; o animal não se moveu, porque já não tinha a faculdade do movimento; o tratador detonou-lhe ao ouvido uma pistola; o símio, que pouco antes, à vista da arma, fugira para um canto, não se alvoroçou mais do que uma estátua de bronze. Tirando-lhe a camada cortical do cérebro, tinham-lhe arrebatado a memória, o "espírito". A camada cortical do cérebro equivalia nêle à "alma", e o mamífero tem tanto mais alma, quanto mais apurada fôr a organização da camada cinzenta do seu cérebro. Nos mamíferos superiores, essa camada superficial aumenta de modo a dispor-se em pregas que se enrolam em "circunvoluções". Contudo, não é exato que só o homem seja dotado duma superfície cerebral rica de circunvoluções. Na figura 230, aparecem os cérebros do homem, do golfinho, do cavalo e do elefante. Quem não estudou anatomia a fundo não distinguiria, sem o auxílio dos dizeres que acompanham a figura, o cérebro do eminente matemático inserto na ilustração. A abundância de circunvoluções depende essencialmente do espaço outorgado ao cérebro. Para a capacidade dêste só é decisivo o número das células específicas que, na camada superficial, pensam, sentem e transmitem; e não só êle, mas a cooperação de tôdas as células para a função geral do cérebro, cuja dinâmica sentimos como "personalidade".

Como acentuamos várias vêzes, cumpre ter prudência em deduzir as relações entre substância nervosa e inteligência. Os animais podem ser muito inteligentes, com um mínimo de cérebro. Os infusórios, sendo demasiado fracos, atacam em grupo os animais maiores do seu ambiente; agem nisso com a máxima inteligência e são desprovidos de cérebro (veja-se a figura 91). Os crustáceos, as formigas, os polvos têm uma existência em verdade imperscrutável para nós, mas incontestàvelmente rica de astúcias e embustes, de sensualidade e de pecado:

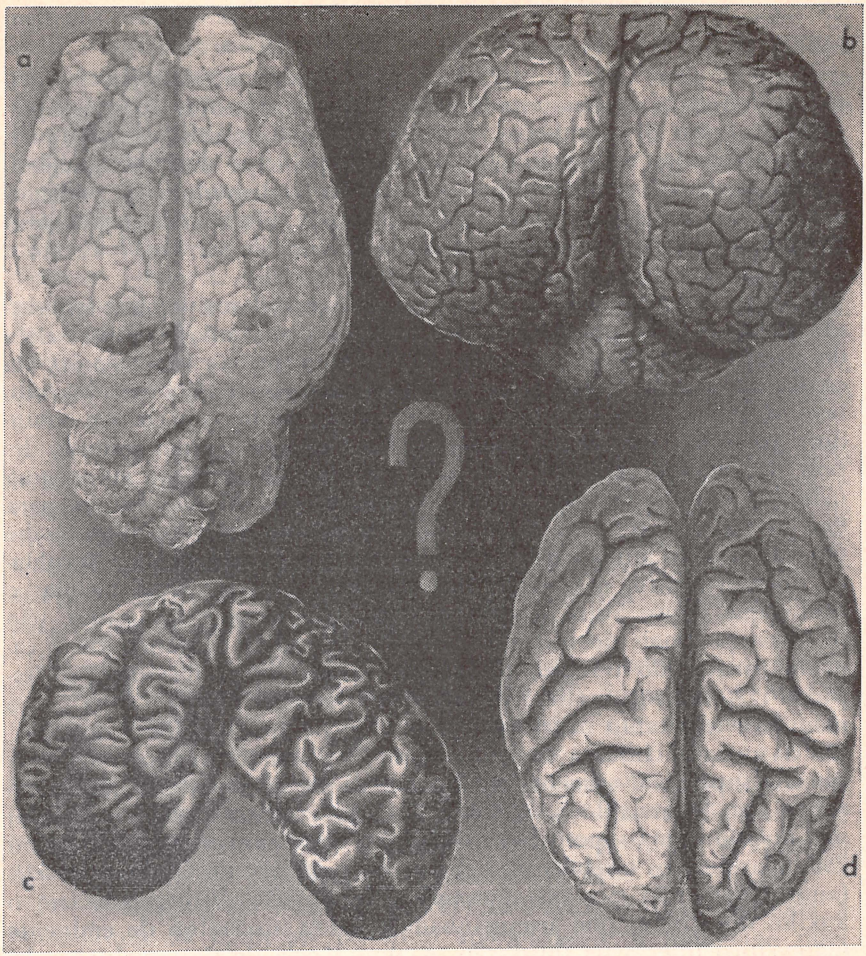


Fig. 230 — O CÉREBRO DOS MAMÍFEROS. O característico principal dos mamíferos é um cérebro bem desenvolvido e rico de circunvoluções. É fábula a versão de ser o cérebro humano o que apresenta maior número de circunvoluções. A quantidade destas depende do espaço. *a)* Cérebro do cavalo; *b)* Cérebro do golfinho; *c)* Cérebro do elefante; *d)* Cérebro do homem.

matam, sem ter fome; fingem, embriagam-se, fazem de espiões, atraiçoam o seu povo, realizam assembléias e "discursam" — tudo isto, com um mínimo de cérebro. Nunca se devem comparar cérebros de espécies diferentes: o cérebro dum inseto é uma construção peculiar que não admite confronto com o do animal vertebrado. Mas, entre os vertebrados, do anfioxo aos peixes, dos anfíbios aos reptis; entre os mamíferos, desde o ornitorrinco até ao símio; entre êstes, do prossímio ao homem, se nos evidencia nìtidamente um paralelismo, entre o

desenvolvimento do cérebro e o da inteligência e da vida espiritual. A posse dum cérebro bem desenvolvido é, pois, o característico mais significativo do mamífero.

Resumindo num período a soma dos característicos que distinguem os mamíferos, chegamos a esta definição realmente prolixa: mamífero é o animal vertebrado que tem a pele coberta de pêlos, a bôca armada de dentadura, o crânio recheado dum cérebro com um envoltório de massa cinzenta; é o animal vertebrado que, fecundado, conserva os filhotes no ventre até à completa maturidade e, depois de nascidos, os alimenta com o leite das mamas.

5) História dos mamíferos, I: a modesta Antiguidade

A história dos mamíferos divide-se, como a da humanidade, em três partes: a Antiguidade, longa na duração, vagarosa no andamento; a Idade Média, de extensão mediana; e a Atualidade, recém-iniciada. Duzentos milhões de anos, a Antiguidade; cinqüenta milhões de anos, a Idade Média; um milhão de anos, a Atualidade. Mas, em contraste com a nossa história de datas absolutamente arbitrárias, a dos mamíferos está dividida nìtidamente em três partes por dois acontecimentos; primeiro: a secagem do mar cretáceo; segundo: a irrupção do período glaciário, separados aproximadamente por cinqüenta milhões de anos; e êsses cinqüenta milhões de anos constituem a Idade Média, a brilhante Idade Média dos mamíferos.

Os mamíferos da Antiguidade eram animais pequenos, semelhantes no princípio dessa era aos lagartos e, no fim, aos ratos. A sua dentadura constava de quarenta e quatro dentinhos, colocados um ao lado do outro como alfinêtes, formando o conjunto uma espécie de serra. Serviam-lhes para triturar os insetos, que eram o seu alimento (Fig. 231). Os reptis engoliam o alimento sem o mastigar; coube aos primeiros mamíferos iniciar pelo menos a mastigação. Triturando os comestíveis, os primeiros mamíferos puderam dilatar o círculo das vítimas. Passaram a atacar objetos maiores: caracóis, mariscos, crustáceos, peixes pequenos, anfíbios, reptis; e, mais tarde, também as aves, derivando assim dos insetívoros o modêlo seguinte: o animal carnívoro. Os dentes que seguravam a vítima sobressaíram do perfil e tornaram-se as defesas; os dentes que a despedaçavam, situados mais atrás, perto da curva dos maxilares, uniram-se e deram origem aos caninos ou pi êsas, características da dentadura dos carnívoros; assim a "serra" dos insetívoros se transformou em dentadura mais complicada e mais forte dos animais carnívoros (Fig. 231, à esquerda).

Durante essa longa Antiguidade, modificou-se a flora do globo. As coníferas tornaram-se árvores folíferas, com frutos nutritivos; às plantas palustres sucederam o capim, as ervas, oferecendo aos animais terrestres outro campo explorável: o regime vegetariano. Uma árvore punha-lhes ao alcance três possibilidades: acima e debaixo do solo o

Fig. 231 — ÁRVORE GENEALÓGICA DOS MAMÍFEROS. Os mamíferos derivam dum animal insetívoro, dotado duma dentadura de carnívoro, formada de dentes mais ou menos da mesma altura. Os carnívoros desenvolveram os dentes centrais: caninos; os herbívoros, os molares; os herbívoros que devoram grãos e raízes conservaram-se pequenos. Os que comem fôlhas criaram pernas compridas como o veado,

tronco e as raízes fáceis de roer; no alto, as fôlhas que se podiam colhêr à vontade; e, entre elas, os frutos que, para serem apanhados, exigiam apenas esfôrço de trepar nos ramos. Naturalmente os mamíferos, então ainda pequenos e pouco especializados, não descuraram nenhuma dessas três partes (Fig. 231, à direita). O trabalho mais simples, mas por isso mesmo o mais penoso, coube aos que roíam os troncos ou escavavam o solo, à procura de raízes e de tubérculos. Nesses animais, os dentes da frente são largos e compridos, tanto que não raro lhes aparecem entre os lábios como raspadeiras; o hábito de roer e esgaravatar engrossou-lhes o pescoço; assim surgiram os roedores. Dada a simplicidade da sua tarefa, êstes mamíferos afastaram-se menos da forma primitiva que a maioria dos outros animais. Se quiserem explicar a alguém como deviam parecer os antepassados dos grandes mamíferos atuais, digam-lhe: "Faça idéia de animais do tipo do rato". Não é uma imagem simpática de "avô pré-histórico"; mas a natureza, se repararmos bem, nada tem de simpática.

Não foram excetuados do rápido progresso da técnica humana os instrumentos de destruição; o homem dispõe hoje da possibilidade de exterminar os seus "inimigos", envenenando temporàriamente a atmosfera, de modo que pereceria tôda a vida visível. Os cientistas, que se preocuparam com as conseqüências dêsse atentado contra a vida terrestre, chegaram à conclusão de que, dentre todos os mamíferos, só os ratos lhe sobreviveriam. Os ratos são os únicos mamíferos que podem esconder-se na terra, a uma profundidade suficiente para afrontarem, durante meses, uma contaminação da atmosfera; são resistentes, frugais, muito adaptáveis e figuram entre os poucos mamíferos que, por assim dizer, comem de tudo. Pertencem, além disso, às poucas espécies que se espalharam em tôdas as zonas; podem viver em qualquer clima e são tão fecundos, que um resto insignificante, sobrevivendo em qualquer toca, bastaria para povoar de novo a Terra, tanto mais que as crias teriam nas ruínas da civilização, nas sepulturas em massa das vítimas, um país das maravilhas. E a história dos mamíferos poderia recomeçar do princípio...

Uma forma "elevada" de nutrição escolheram os mamíferos que, em vez de roer e esgaravatar no solo, atacam as alturas e arrancam fôlhas; um regime sadio, se bem que pouco nutritivo, que exige muita mastigação, muita saliva e muito suco gástrico, razão por que êsse grupo constituiu os ruminantes, de dentes largos e chatos, isto é: os molares, característicos dos herbívoros. Nem todo herbívoro é ruminante; mas o ruminante é o tipo mais pronunciado de animal herbívoro. Onde havia árvores, êles esticaram o pescoço, que se lhes tornou fino como o do veado e da girafa; nas pradarias de vegetação rasa, foram animais de pastagem. Identificáveis e desprotegidos nessas planícies, só com a

---

o cavalo, a girafa. Os que treparam nas árvores e ali vivem de alimentação mista: fôlhas, frutos, insetos, aves e pequenos mamíferos, desenvolveram a dentadura mista dos primatas.

fuga poderiam escapar ao ataque dos carnívoros; em conseqüência, desenvolveram as patas compridas e velozes da gazela e do cavalo. Se essa evolução ocorreu mediante seleção, segundo as teorias de Darwin, ou pela extensão crescente dos membros, conforme o princípio de Lamarck ou — como está agora em voga admitir — pelas mutações, é questão secundária. Do que não se pode duvidar é que a evolução seguiu êsse caminho.

A pata dos cursores velozes da estepe mal roça o solo com os dedos; os animais da estepe se tornaram digitígrados. Para proteger o dedo sobrecarregado, a unha envolveu a polpa dêste e originou-se o casco — daí o nome de solípedes para os animais dêsse grupo. Os dedos laterais, pouco usados, atrofiaram-se; os do centro reforçaram-se e engrossaram. A história do cavalo, muito conhecida, mostra-nos a regressão dos dedos laterais do pé, de época em época. O antepassado do cavalo atual não era maior do que um cão; corria com os dedos do pé separados; os seus netos, do tamanho de pôneis corriam em três dedos. O cavalo dos nossos dias anda na ponta do dedo médio, protegido pela unha que forma o casco (Veja-se a figura 186).

A alimentação mais conveniente consistia nos frutos das árvores; mas, como êles pendem dos ramos, era difícil alcançá-los. Colhêr frutos no alto das árvores exigia um grau de inteligência relativamente elevado. Entre os insetos, o revelaram as formigas e as vespas, roendo os frutos. Entre os mamíferos, os que treparam nas árvores e ali viveram de frutos, formaram a espécie dos símios. Também na história natural, para a espécie que não se contenta com os frutos do solo, mas atacou os dos ramos, a árvore saqueada veio a ser a "árvore da ciência". Os saqueadores de árvores tornaram-se "animais cerebrais".

6) História dos mamíferos, II: a brilhante Idade Média

A extinção dos grandes sáurios marca o têrmo da longa Idade Média da história terrestre, a era secundária, a era dos animais de sangue frio. O triunfo dos mamíferos assinala o início da terceira idade da terra, a era terciária, a era dos animais de sangue quente. A transição duma para a outra é uma das transformações mais extraordinárias, uma verdadeira mudança de cena para o início dum novo ato. Um viajante do universo, que aportasse ao globo terrestre, no fim da era secundária, relataria na sua terra: "Visitei um planêta povoado de animais gigantescos". Descreveria os monstros, sob cujos passos tremia o solo, os colossos cuja cabeça sobressaía da floresta e cuja cauda derrubava as árvores. Só refugiando-se nas frestas dos rochedos, pudera o viajante livrar-se de ser espedaçado ou reduzido a pó. Se um seu descendente, a quem êsse relatório despertasse a curiosidade visitasse a terra cinqüenta milhões de anos depois, não veria nada do que esperava ver e relataria todo o contrário: caíra num mundo de liliputianos onde vagueavam leões do tamanho dum gato, rinocerontes que

um camponês poderia levar para casa, debaixo do braço, como um leitão adquirido na feira; apanhara um cervo tão miúdo, que ficaria bem como bibelô sôbre o piano. Também vira o elefante primitivo, de sessenta centímetros de altura, que os garotos poderiam levar para a cama como um ursinho. A história dos mamíferos começou como a das outras espécies, por assim dizer com tôdas as formas possíveis de criaturas completas: leões, ursos, cervos, alces; a princípio ainda pequenos, modelos de animais como os esboça o cenógrafo na maqueta antes de encomendá-los em tamanho natural para a *mise-en-scene* duma "fèerie". Cresceram depois com presteza surpreendente, isto é, no espaço de "apenas" vinte milhões de anos. Os pigmeus tornaram-se gigantes, como se fôssem bichos elásticos, inflados de ar. Dêsses anões nasceu um rinoceronte maior até do que a espécie atual; do elefante primitivo, do formato dum cavalinho de carrossel, saiu o mamute; e, maior do que o próprio mamute, o *"belichterium"*, que atingiu as dimensões dum sáurio (Fig. 232, segundo plano à esquerda). Êsses mamíferos de todos os formatos e tamanhos povoaram a paisagem da era terciária em tal abundância, que um homem dos nossos dias, transportado para aquela época, julgaria estar num parque zoológico.

Vivemos hoje num mundo cruelmente devastado pela perseguição às aves e pela caça. Os nossos filhos caem em êxtase, à vista dum coelhinho assustado, pulando da moita; e a família interrompe o passeio, se um corço assoma à orla da floresta. Naquele tempo, o homem ainda não se arrogara o título de senhor da terra. No vale do Saône, onde hoje medra o vinho de Borgonha, descobriu-se uma sepultura em massa de cavalos selvagens onde se amontoam os restos de pelo menos cem mil animais. Do lado betuminoso de La Brea — hoje encravado na topografia da cidade de Los Angeles — retiraram-se tantos esqueletos de cavalos, que se calculou em vários milhões o número de eqüinos afogados ali (Fig. 232). Não se compreende como puderam tantos animais perecer num espaço tão apertado; só mesmo aceitando a hipótese de que, através de milênios, os cavalos acudissem contìnuamente a se atolar naquele mar de asfalto. É de presumir, portanto, que cinzas vulcânicas o cobrissem constantemente, de modo que os animais, desprevenidos, corriam para êsse banhado de betume e, em conseqüência, para a perdição — tal qual a Bíblia descreve o caso de "Amrafael de Sínear" (Hamurabi da Babilônia?) cujo exército perto do Mar Morto se atolou nos pântanos betuminosos de Siddim. Provàvelmente as nascentes das serras californianas vertiam suas águas para o território dantes árido, o que para ali atraía os animais. Os carnívoros seguiam os rebanhos; os corvos sucediam aos carnívoros; e quantos viessem chegando, premidos pelos bandos de trás, precipitavam-se no lago de asfalto. Terminava ali uma espécie de esteira transportadora cujas roldanas eram as patas dos animais sedentos, que, no fim da sua "carreira", iam dar a essa cilada mortífera e cujos restos se conservaram nesse xarope estéril até aos nossos dias.

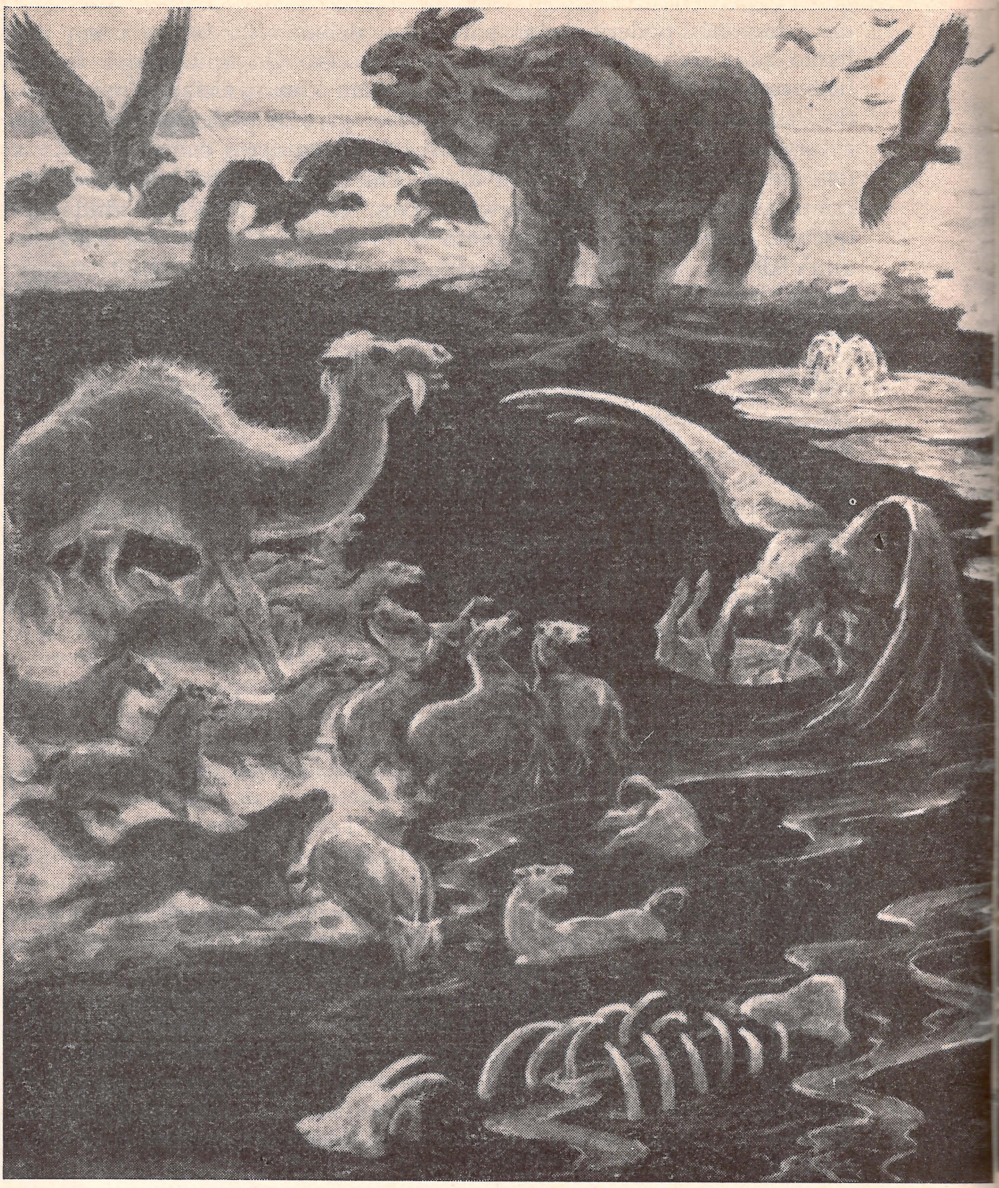


Fig. 232 — O DRAMA DE LA BREA. No lago betuminoso da Califórnia, hoje encravado no centro de Los Angeles, afundaram há cinqüenta milhões de anos numerosos mamíferos, que nos apresentam um quadro nítido da fauna da era terciária.

Em segundo plano, à esquerda, o *belichterium;* à direita, preguiças gigantes. No primeiro plano, à esquerda, formas primitivas de camelos, cavalos, lôbos; à direita, o mamute e outros animais.

A vala comum de La Brea é apenas uma das muitas que se descobriram desde então. Na Rússia asiática, na China, no deserto de Gobi, existem, sem dúvida, covas análogas. Se considerarmos com que sofrimento e horror, com que agonia inexorável, centenas de milhares de criaturas bem desenvolvidas, belas e vivas pereceram cruelmente, afogadas no betume, enviscadas e torturadas, gemendo e clamando, espezinhadas, empurradas por amigos e inimigos para êsse negro atoleiro, porta escancarada do inferno, o ser pensante se defrontará mais uma vez, abalado, incerto, ansioso, com o enigma da natureza. Ela insufla na criatura a alegria de viver e deleita-se, vendo-a fremir de mêdo de perder a vida; deixa-a sofrer sêde no deserto e depois derrama na paisagem um lago de asfalto que mata os sedentos com betume asfixiante. Atrai o ser ao brejo mortífero, em cujas margens perecem ao mesmo tempo a vida madura e a vida não vivida: a mãe e os filhotes, enquanto do alto os corvos perseguem como carrascos as vítimas atoladas. Que missão se depara aqui à humanidade: pôr têrmo a todo êste delírio na terra! Não se diga que é impossível. O homem libertou-se da fome e está prestes a regular as relações dos indivíduos e dos povos. Impediram-se igualmente as matanças inúteis de animais, a exploração egoística da natureza. Transformaram-se desertos em protetorados naturais e, entre os homens civilizados, a caça como esporte está sendo posta fora da lei. Mais! Mais! É preciso banir do mundo o sofrimento. Não pretendemos ser filhos da natureza; timbramos em sermos rebeldes contra ela.

7) História dos mamíferos, III: a Atualidade, ou os restos insignificantes

Dois acontecimentos marcaram o fim da Idade Média dos mamíferos, tão rica de tipos dessa classe: o período glaciário e o advento do homem. Por motivos que ignoramos, há cêrca dum milhão de anos — mais duma vez — se iniciou um período glaciário, ou melhor: uma série de períodos glaciários. Não se faça do período glaciário uma idéia errônea. Não foi um acontecimento improviso como o dilúvio da Bíblia; foi uma oscilação climática e se repetiu no curso dum milhão de anos. Já houvera antes períodos glaciários: um de longa duração, em meado do permiano, e outro em princípios do cambriano. Um milhão de anos é pouco tempo na história da terra; os reptis dominaram quase duzentos e cinqüenta milhões de anos e a Idade Média dos mamíferos durou cinqüenta milhões de anos. Também é lícito presumir que estejamos ainda em pleno período glaciário atual; talvez êle esteja apenas em comêço e se prolongue pelo espaço de dez milhões de anos. Para se iniciar um período glaciário nem há necessidade de se alterar muito o clima. Basta o inverno entrar e terminar de quatro a seis semanas antes e depois da época normal. Deixará de haver verão. À falta de tempo para amadurecer, os vegetais morrerão; os

campos, em vez de frutos, cereais e flores, darão apenas ervas e se converterão em estepes. As árvores frondosas recuarão em direção ao equador e só as coníferas resistirão nos paralelos intermediários. Aí temos um período glaciário. Inversamente, se a média da temperatura anual subir só alguns graus, Paris passará a ter o clima de Dakar e os símios aparecerão na Ile de France. Quatro vêzes no "nosso" milhão de anos, a temperatura subiu e desceu alguns graus acima e abaixo do que está agora. Nos períodos mais frios, o gêlo avança dos pólos rumo ao equador, das altas montanhas para as planícies. Nessas peregrinações, arrasta blocos rochosos; as geleiras aplainam os vales, os rios gelam. Nesses "blocos erráticos", arrastados às planícies, nas marcas das geleiras e doutras alterações provocadas pelo frio na paisagem, podemos ler o percurso do gêlo e as oscilações da temperatura. Durante o último período glaciário, o gêlo ártico desceu na Europa até à linha Paris-Moscou; na América até à região de St. Louis. Com o gêlo vieram para o sul renas, rapôsas polares, mamutes felpudos. Nos intervalos das eras glaciárias, porém, fazia mais calor do que hoje. Na embocadura do Tâmisa, banharam-se hipopótamos; na Groenlândia, verdejava a videira, razão por que a Groenlândia recebeu o seu nome de Terra Verde. As mais belas relíquias do período glaciário guarda-as a terra das relíquias: a Palestina. Numa gruta do Carmelo, procuraram refúgio os animais, e mais tarde os homens, fugindo aos aguaceiros do dilúvio — nesse paralelo não havia gêlo e sim muita água. Ali continuaram a afluir fugitivos a intervalos de séculos, de milênios; e cada grupo — à semelhança das nossas comitivas de piqueniques — deixava após si os restos das suas refeições, o que permite averiguar que animais e que vegetais existiam na época em questão. Os resíduos se elevam na gruta a nada menos de vinte e cinco metros de altura, nìtidamente divididos em onze camadas diferentes. Períodos glaciários e os intervalos entre essas épocas. Lá jazem animais dos pólos sôbre animais dos trópicos e sucessivamente animais dos trópicos sôbre animais polares, o que faz dessa caverna um verdadeiro calendário das eras glaciárias.

O último dêsses períodos irrompeu há cem mil anos, pondo têrmo a uma cálida época intermediária e impelindo para o sul os mamíferos das zonas quentes, espalhados então na Europa e na América do Norte: elefantes e girafas, gazelas e símios. Desde essa época, nas regiões setentrionais escasseiam os mamíferos. Só na zona tropical da África, imune de civilização, o viajante ainda encontrava, em fins do século passado, o "paraíso da fauna de grande porte" de que outrora a própria Europa era uma província. Passou o tempo dos grandes animais vivendo em liberdade — pelo menos por ora. O homem do futuro — que não cultivará searas nem arrozais, não puxará fios telegráficos e não estenderá faixas de macadame através das charnecas — talvez deixe a terra à sua vegetação natural e restitua também aos animais a pátria de que foram privados. Depois de se transformar a selva em terra civilizada, a terra civilizada reverterá ao estado de selva, uma

Fig. 233 — OS MAMíFEROS DA ATUALIDADE. Embora sejam um resto insignificante, ainda representam uma escala opulenta de tipos variados, do esquilo ao elefante, do golfinho ao morcêgo.

433

selva bem cuidada; uma paisagem primitiva cultivada cujas bases estão sendo lançadas atualmente com os territórios reservados aos animais na África e na Austrália, os parques nacionais da América e os protetorados naturais da Europa. Atualmente, porém, a natureza está despovoada de mamíferos em liberdade. Percorrendo as zonas rurais, vemos os bovinos pastando em prados fechados por cêrcas. Nos montes, encontramos os pequenos cabreiros tocando as cabras com varas; os porcos respigam os restos da colheita no batatal. Mais ao sul, cruzamo-nos com o burro servindo de bêsta de carga. No Oriente, desfilam diante de nós as caravanas de camelos. Na Lapônia, o guardador de renas pastoreia o seu rebanho na tundra; e nos Andes, os lamas, ou "camelos das nuvens", descem ao som das longas flautas dos índios. À cancela da quinta, o cão guarda a casa; e os gatos assomam ao peitoril da janela, como se a criação lhes tivesse designado êsse lugar. A Austrália, outrora pátria do canguru, tornou-se pastagem imensa de um número incalculável de ovinos; a Argentina é um rancho de gado vacum. O estoque mundial de mamíferos não diminuiu absolutamente; transformaram-se as espécies: animais bravios e errantes converteram-se em rebanhos pastoris e animais domésticos do homem — as espécies atuais.

Apareceu um mamífero que subjugou os outros todos, exterminando-os e selecionando-os a seu bel-prazer, impondo a vida e a morte ao reino animal, determinando-lhe a sorte como uma divindade. Quem é êste semideus que dobrou o búfalo à sua canga; que o faz puxar dòcilmente o arado de aço pelos sulcos do seu campo; que, no curral dos fundos da casa, ordenha a vaca, esgotando-lhe o leite das têtas, depois de lhe tirar o bezerro; que induziu o lôbo a guardar-lhe o rebanho, em vez de lhe devastar o estábulo; que o amansou, a ponto de ir a fera apanhar, no banhado, a caça que o seu senhor abateu nos ares, para a pousar aos pés dêle, e de esperar pacientemente, ao lado da mesa, que êsse mesmo dono e senhor se digne arremessar-lhe um osso descarnado dessa caça? Quem é o ser que, mal apareceu, se tornou — como nenhum animal conseguira antes dêle — soberano desta terra?

O seu nome é *"Homem"*.

Quarta Parte

OS PRIMATAS

"Ah! Moram duas almas, no meu peito!"

(Goethe)

Capítulo XVIII

PRIMATAS INFERIORES — OS SÍMIOS

1) Advento dos animais dotados de cérebro!

Em tôda espécie há um ser chamado "rei", que é a encarnação mais evidente do conceito original de sua linhagem. Entre os peixes não é ao linguado chato das profundidades marinhas nem à enguia das águas lodosas, mas ao lúcio e ao tubarão, os nadadores mais ágeis, que compete êsse título. Entre as aves, o rei não é a avestruz veloz nem o pingüim bamboleante; é a águia, porque desenvolveu as asas mais possantes, símbolo do vôo. O característico do mamífero é o cérebro; em conseqüência, faz jus, sem discussão, ao título máximo o grupo que desenvolveu o cérebro mais perfeito. Constituem êsse grupo os símios, que por isso mesmo foram denominados os primeiros na ordem, "primi" ou primatas (Fig. 234).

A novidade no cérebro dos mamíferos consiste menos no aumento geral das partes existentes do que na presença duma nova espécie de tecido, denominado "cérebro recente", formado de neurônios. Aparece nos reptis, dilata-se nos mamíferos e empurra o cérebro primitivo para a profundidade. O cérebro primitivo é a sede da "animalidade", do instinto e das funções automáticas, tais como respiração, pressão sanguínea e circulação; nêle se situam os centros da fome, da sêde, do sono, da angústia e da agressão; ali espreitam o prazer de matar, o impulso sexual; ali residem o amor materno e o instinto de criar. O cérebro recente desenvolve regiões que se ampliam à maneira de um tabuleiro de xadrez, e, progredindo a evolução, aumentam o seu número (Fig. 238). Da soma das suas funções resulta a elaboração das impressões externas em sensações interiores que denominamos "consciência". O cérebro recente é a sede da alma. Tens tanto mais alma quanto mais cérebro recente — não se referindo "mais" no que diz respeito ao pêso; muito mais importante é, como num tapête, a finura do tecido, o desenho, o número e a capacidade de realizar, a ramificação e o entrelaçamento das células pelas fibras de ligação.

Todos os mamíferos são dotados de cérebro recente, e porque o possuem é que podemos amestrar cães, cavalos, elefantes, focas; o papagaio aprende tão fàcilmente porque é a única ave dotada da massa cinzenta característica do cérebro recente. Mas — e isto os distingue do homem — êsses animais põem o cérebro ao serviço dos órgãos e não os órgãos ao serviço do cérebro. O cavalo não é um ser pensante

que pode correr; é um cursor da estepe, com pernas esplêndidas, que utiliza o cérebro para ser animal de corrida. A foca é um acrobata aquático e o lôbo, o antepassado do nosso cão, um carnívoro agressivo que se vale do cérebro, menos para pensar, do que — acima de tudo — para seguir o cheiro familiar e morder o cheiro estranho. Eis que surgiu, porém, uma espécie de animal que tomou em função de órgão principal para a "luta pela existência", não o focinho nem as patas, a dentadura ou o nariz, e sim o seu cérebro recente. Apareceu, pois, junto dos eqüinos, dos carnívoros, do papagaio trepador, do acrobata aquático golfinho, um animal cerebral que, ao contrário dos outros, eleva o seu cérebro recente ao nível de órgão dominante; um animal pensante que, em vez de agir por instinto, como os animais seus antecessores, reflete e pondera antes de agir, sabe tomar decisões e é dotado, em medida mais ampla do que os outros animais, duma noção acentuada do verdadeiro e do falso, do senso do bem e do mal — uma criatura em que o cérebro recente, pensante, "moral" timbra em arrebatar o poder ao cérebro primitivo, afeito a operar com instintos — um ser em que vivem conseqüentemente dois sêres: o animal e o superanimal; que se empenha em se libertar da animalidade e, em virtude dêsses dois cérebros no seu crânio e da rivalidade entre ambos, é um ser contraditório, "esquizóide", a primeira criatura em vias de se desanimalizar. Os primatas não são animais, porque aspiram a vencer em si a animalidade. Ninguém pode considerar-se como fazendo parte daquilo de que quer libertar-se. Os outros — os animais normais — contentam-se com ser animais. Os primatas sentem em si a animalidade como um mal. Um primata é um ser que será tanto menos animal, quanto mais houver adquirido o caráter de primata. Eis justamente o objeto do nosso desejo veemente, a meta para que tendemos, com tôdas as nossas fôrças, a nossa educação, a nossa literatura, a nossa religião, a nossa arte, a nossa filosofia, as nossas crenças: deixar de ser animal. E o que nós denominamos homem ideal é, do ponto de vista da ciência natural, o primata ideal, o ser completa e exclusivamente dirigido pelo cérebro recente, a criatura que dominou os instintos do seu cérebro primitivo e se converteu em mero pensamento e sentimento, em puro espírito e moral: o santo.

2) Madagáscar desloca-se, e, com ela, a raça dos prossímios (cavidade craniana: 100 cm³)

A teoria dos continentes flutuantes também forneceu a fórmula coordenadora da história da espécie dos símios. Os símios são os descendentes de pequenos mamíferos semelhantes aos ratos, ou aos esquilos, a que se dá o nome de insetívoros (Fig. 235a, 1). Num período, que talvez diste de nós cem milhões de anos, se iniciou o desmembramento de Gondvana, nos seus fragmentos atuais, desprendendo-se primeiro a Austrália. Ali se desenvolveu, dum pequeno insetívoro, um animalzi-

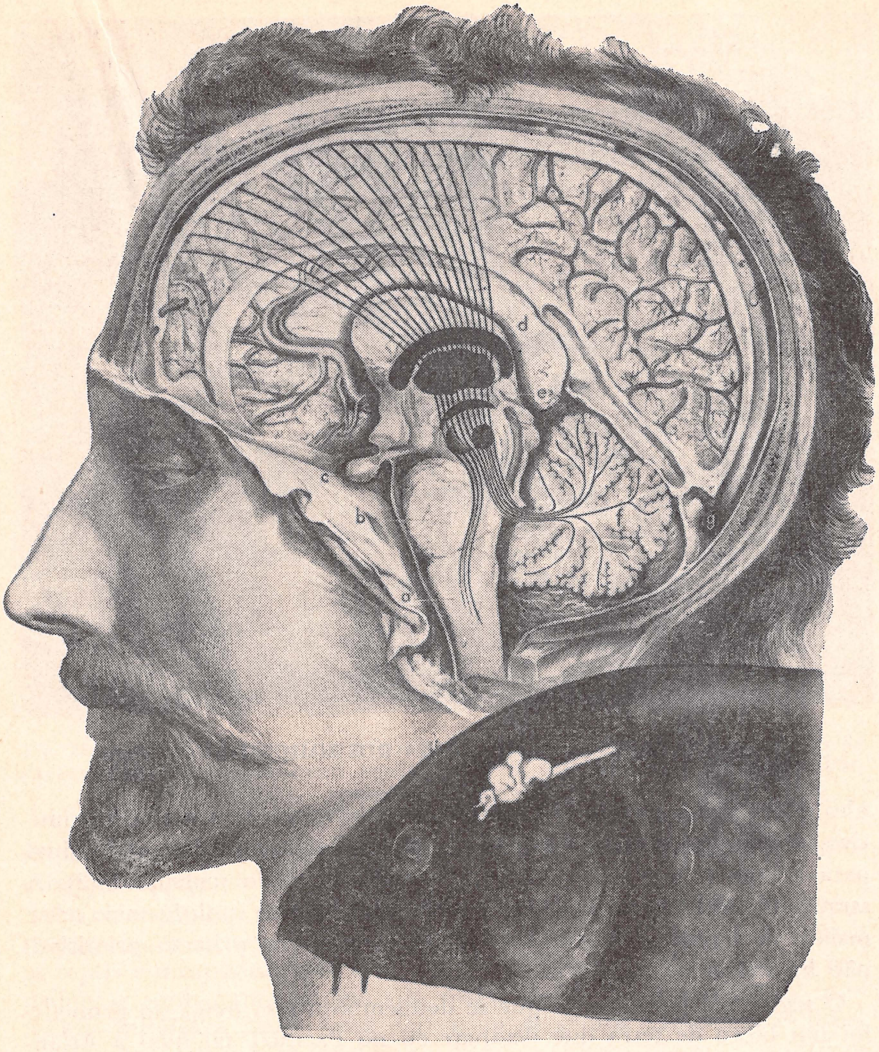


Fig. 234 — CÉREBRO DE PEIXE E CÉREBRO HUMANO. Os primatas não são animais, porque têm cérebro recente fundamentalmente não-animal e a vontade de dominar em si a animalidade.

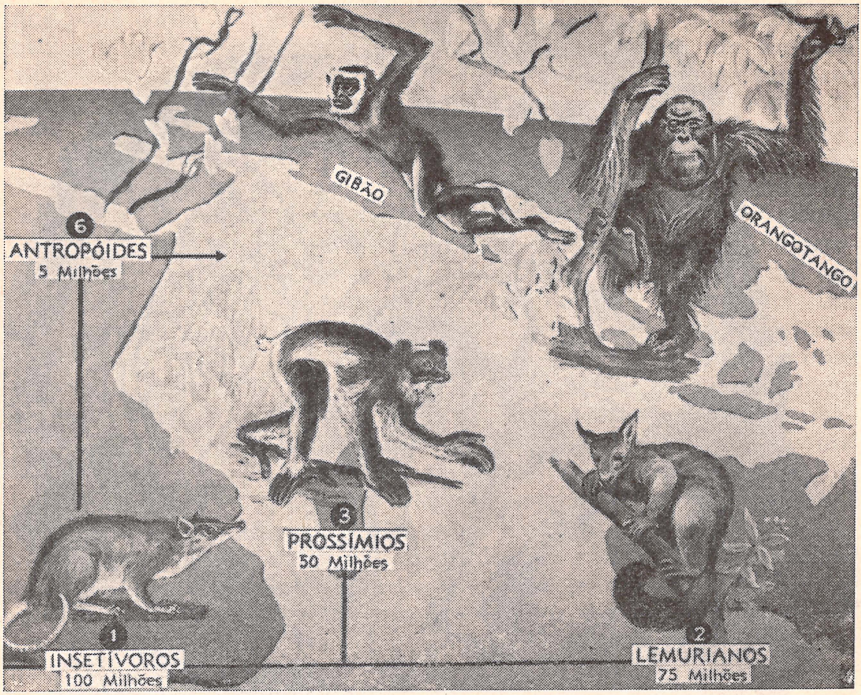


Fig. 235a — A HISTÓRIA DOS SÍMIOS, I.

nho que vivia nas árvores e que foi presumìvelmente um símio primitivo, dotado como os marsupiais da Austrália duma bôlsa abdominal para a cria, o que lhe valeu a denominação símio marsupial (2). À semelhança dos outros marsupiais, êsse também não evoluiu mais nesse pedaço de continente; em conseqüência, afora êsse primata primitivo, não há símios na Austrália.

O segundo fragmento — que se desmembrou não longe do primeiro foi um bloco de terra que desapareceu no Pacífico, tal qual a Atlântida no Atlântico. E como os Açores no Atlântico, dêle restou, no Pacífico, Madagascar. Esta "Atlântida do Pacífico" denominou-se Lemúria, em razão de existirem nêle, como animais típicos, criaturas que corporificam a transição entre os insetívoros e os macacos, razão por que se denominaram prossímios (3). São animais noctívagos difìcilmente vistos, pois de dia dormem escondidos na ramagem. Nem são encontradiços de noite, porque trepam nos galhos; ouvem-se-lhes, porém, os uivos lamentosos, que sugeriram aos soldados romanos, destacados nesse fim do mundo, a idéia de estarem ouvindo os espíritos dos mortos, os lêmures, chamando do Além. Eis por que êsses pros-

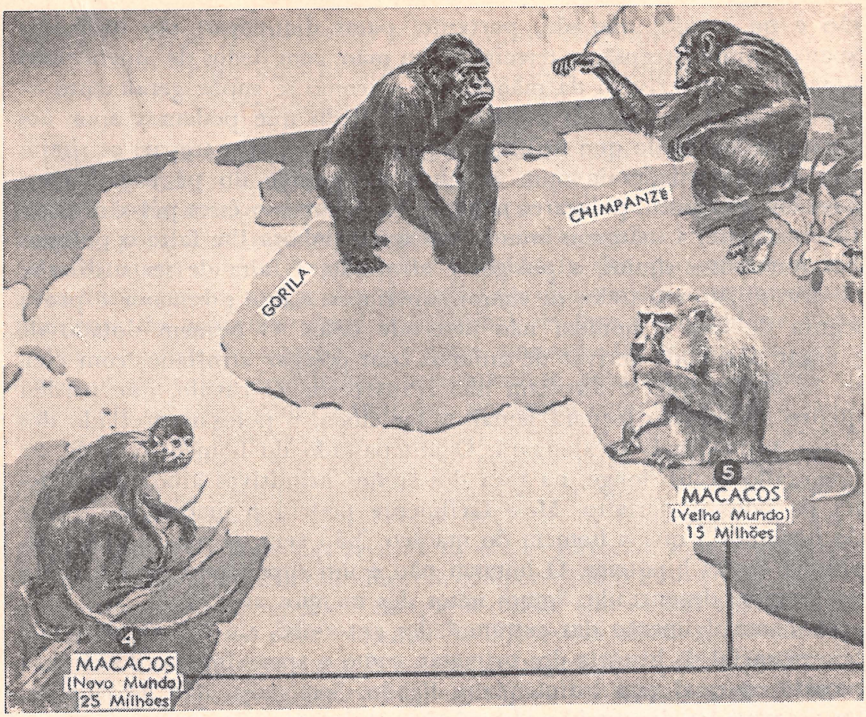


Fig. 235b — A HISTÓRIA DOS SÍMIOS, II. Começou há cêrca de cem milhões de anos e talvez esteja ìntimamente ligada à história dos continentes flutuantes. (Pormenores no texto).

símios, absolutamente terrenos, receberam imerecidamente essa denominação celeste.

É fato estranho, mas confirmado repetidas vêzes pela história, que trepar nas árvores favorece o desenvolvimento da inteligência. Entre os reptis é o camaleão que vive nos ramos; das aves, é o papagaio trepador, o animal que atingiu um nível intelectual notável. Dos insetívoros instalados nas árvores derivaram os símios. Os primatas superiores nunca poderiam originar-se dum insetívoro afeito a espojar-se na lama como o ornitorrinco, ou a cavar o solo como os ratos. O hábito de trepar transformou as extremidades anteriores em garras e da garra evolveu a mão. Que é a mão? Repare-se nesta definição simples e valiosa na confusão da história da evolução: a extremidade que fica ereta chama-se perna; o extremo da perna tem o nome de pé; a extremidade que agarra é o braço e o extremo do braço é a mão. Os símios não são quadrúmanos, porque utilizam as extremidades posteriores para se manterem eretos, e a ponta dêsse órgão de suporte é um pé típico, de calcanhar e planta articulados. As extremidades anteriores são braços, rematados por mãos, pois não servem de apoio como no

cão e no cavalo; não são, portanto, patas dianteiras; são utilizadas apenas para a preensão e terminam em mão, com dedos de movimentos livres. O característico da mão não é — como se supõe geralmente — a posse dum polegar. O polegar é um dedo que podemos opor aos outros dedos. Dado que utilizam os pés também para trepar, os símios têm a propriedade de opor o seu dedo grande do pé aos demais; possuem, portanto, polegares nos pés; nem por isso êsses pés são mãos. Inversamente, a mão continua sendo mão, embora lhe falte o polegar. Em numerosos símios, o polegar é atrofiado, à falta de ser utilizado; observa-se isto em todos os símios superiores, e êsse pormenor é prova segura de que o homem não descende dêles. O homem dotado de polegar não pode derivar de animais com polegar atrofiado; com efeito, os órgãos que se atrofiam não reaparecem. O cavalo, que perdeu quatro dedos, não tornará jamais a ter cinco; o polegar atrofiado dos símios nunca mais se alongará. O antepassado do homem tem de ser procurado muito longe, na raça dos símios primitivos ainda possuidores de polegar perfeito. Mais fàcilmente poderá o macaco descender do homem do que o homem do macaco. Não vem, porém, ao caso nenhuma destas hipóteses. O homem não é um supersímio nem o símio um homem degenerado. Somos netos dos mesmos avós.

O desenvolvimento das extremidades anteriores em braços e mãos é fato essencial da história dos primatas, como o aparecimento do cérebro recente ao qual está ìntimamente ligado. Sem mão, não há cérebro. Os vertebrados desprovidos de mãos — peixes, reptis, aves, mamíferos — para apanhar e triturar a alimentação, utilizam as mandíbulas; têm, pois, maxilares fortes. O animal trepador, porém, que desenvolveu a mão preênsil, segura com ela a prêsa e espedaça-a com as garras; fica assim o crânio aliviado do trabalho dos maxilares; e acima das mandíbulas menores ficou espaço para a dilatação da cavidade craniana. Os primatas são os únicos sêres que seguram os alimentos, para os comerem, no ar. Os animais que também se apóiam nas patas traseiras: esquilos, lebres, castores, e alguns outros, já são prenúncio disso; isto é: não divergem muito nem são històricamente muito distantes dos primatas primitivos. A mão e o cérebro constituem os órgãos característicos dos primatas. Os lemurianos conquistaram só o primeiro dêsses característicos: a mão; por isso não passam de prossímios; não chegaram a possuir o segundo: o cérebro dos primatas. Por isso Goethe — gênio em tudo — procurando em versos do "Fausto" uma rima para lemurianos, os chamou com acêrto:

Schlotternde Lemuren,
Geflickte Halbnaturen. (1)

(1) Lemurianos bamboleantes, seminaturezas imperfeitas.

3) A América do Sul afasta-se flutuando, e, com ela, os símios do Novo Mundo (cavidade craniana: 150 cm³)

Depois do desmembramento de Lemuria do lado oriental da África, desligou-se do lado de oeste a América do Sul. Com ela flutuou a classe imediatamente superior de primatas: os narizes-chatos sul-americanos, porque é traço típico dêstes símios o nariz chato e o órgão olfativo ainda muito desenvolvido. A história dos primatas é a história duma atrofia progressiva do órgão do olfato e do aumento correspondente do aparelho visual. De animal de faro a animal de visão — eis a ordem de marcha da espécie simiesca. Os animais do solo, como os primeiros insetívoros, orientavam-se pelo nariz. Animais tìpicamente do chão, como a toupeira, perderam completamente a vista. Os animais das árvores, pelo contrário, servem-se dos olhos e perdem o olfato (Fig. 236). Nos animais de faro, o lobo olfativo situado à base do crânio constitui a parte principal do cérebro; as impressões ópticas, pelo contrário, percebem-se mediante o lobo visual do occipício. Passando a viver nas árvores, os símios sofreram uma diminuição do lobo olfativo, aumentando-lhes em compensação o lobo visual. A visão é uma sensação mais apurada do que o olfato. Um objeto oferece mais, òpticamente, do que olfativamente. As impressões olfativas são amorfas e seguem-se lentamente umas às outras; as impressões ópticas têm forma, côr, plástica e perspectiva; sucedem-se ràpidamente; em conseqüência, exigem do observador muita atenção e uma elevada aptidão para combinar. Por êste motivo, a passagem do olfato para a vista aumenta no cérebro o número das fibras, especialmente das que operam o encadeamento das impressões isoladas, a associação das idéias.

Uma modificação em verdade pouco notável, se bem que significativa para a mudança da índole da criatura, é o achatamento das garras em unhas. Os insetívoros, os prossímios e os primitivos macacos americanos ainda tinham garras, o que os denunciava como "animais". Os símios de épocas posteriores apresentam, como característico dos primatas de ordem mais elevada, unhas nas pontas dos dedos, completando-se assim a passagem da pata para a mão que deixa de ser criada com o fim de servir de arma e se destina a ser instrumento de afago, a acariciar em vez de arranhar. Com a transformação da garra em unha, a mão converte-se em órgão característico duma criatura de índole pacífica. O ato de violência praticado com a mão é um crime contrário à sua natureza.

Graças à conquista da posição vertical do corpo e ao movimento dos braços, não mais tolhido pelo andar, mas ampliado pela preensão, o tronco dos primatas dilatou-se em peito amplo e, do lado oposto, em dorso largo e chato. E, caso quase único entre as criaturas superiores, só os primatas podem deitar-se de costas e enlevar-se na contemplação do céu. Nos macacos sul-americanos, o tórax ainda é estreito;

Fig. 236 — OS PRIMATAS SÃO ANIMAIS DOTADOS DE MÃOS E DE CÉREBRO. São característicos dêstes animais a mão de trepador e o cérebro frontal, que se desenvolveu em lugar do bulbo olfativo, porque o faro carece de importância para os animais trepadores.

e a coluna vertebral termina em longa cauda, bem provida de músculos e de nervos, utilizada por êles com tamanha habilidade, que lhes serve de quinto braço, como bem a poderíamos chamar — e seria uma denominação característica — já que êsses animais vivem de fato com os seus quatro membros e a cauda preênsil, como se tivessem cinco braços. Utilizam mais a cauda do que os quatro membros. Dormem de cabeça para baixo, pendurados numa árvore a que os prende o rabo enrolado num galho. Se uma grade fôr muito estreita para introduzirem o braço, enfiam nos intervalos das barras a cauda, e furtam com ela, tal qual o elefante com a tromba. E, como a cauda substitui nêles o polegar, êste dedo se atrofiou; chegou a desaparecer nos atelépodes, que nos apresentam um tipo de primatas com quatro dedos. Com o auxílio da cauda preênsil, completamente especializados em trepadores, muitos símios nunca abandonam as árvores; preferem passar fome, a catar frutos no chão. Não descem sequer para beber; utilizam como bebedouro árvores situadas sôbre poças de água e matam a sêde, suspensos pela cauda, juntando a água com as mãos. Aqui se nos depara mais um exemplo duma experiência verificada muitas vêzes: não é em fases tardias da evolução e sim muito cedo que os animais se especializam unilateralmente, de maneira tão definitiva, que daí em diante os exclui de qualquer progresso. Essa — digamos — persistência obstinada é indício de pouca inteligência. Os prossímios sul-americanos são animais preguiçosos, broncos, de escassa memória e fraca aptidão para associar idéias. Por isso travam pouca ou nenhuma relação com o seu ambiente. A muitos nem é possível ensinar o asseio, razão por que não se prestam para animais domésticos. Contudo, há exceções. Num teste de inteligência entre os símios dum zôo, o prêmio coube a um macaquinho sul-americano. Em conjunto, porém, são uma espécie por assim dizer perdida nas árvores. Se um dia, por qualquer circunstância, desaparecessem as matas do seu habitat, êles também desapareceriam.

4) Os símios do Antigo Continente (cavidade craniana: 200 cm³)

A massa principal dos primatas é formada por símios e macaquinhos, dos quais conhecemos, como tipo, desde a infância, o reso; metido num fraque encarnado, encarapitado na caixa dum realejo, fazendo habilidades para divertir a garotada e, por fim, recolhendo moedinhas para o dono. Isto, com gestos humanos e um olhar que nunca se esquece, nem ao têrmo de cinqüenta anos e depois de toparmos, pela vida afora, com milhares de indivíduos e de olhos, uns leais, a maioria falsos. Êsse olhar profundamente triste do macaco — olhar que diz mais do que dez frases decoradas dum pequeno mendigo pedindo esmola — contém estas palavras tão significativas: os primatas não são animais. Êsse olhar nos revela alguma coisa mais do que nos possa exprimir o cão mais fiel; permite-nos espreitar na alma duma criatura

que, por assim dizer, se atolou no caminho de ser homem, como a ondina que Gottfried Keller imagina ver abaixo de si, em "Noite de Inverno", no gêlo do lago congelado:

... com lamentos abafados,
ela apalpa cá e lá,
a cobertura endurecida...

Atolou-se no caminho de ser homem... Os símios nunca foram nossos antepassados. Pelo contrário! Nós permanecemos fiéis ao conceito: "primatas" evoluímos do estado de "primata" original e autêntico; os símios, porém tornaram-se tipos secundários, aberrantes, habitadores exclusivos de árvores, animais trepadores; e assim se desgarraram do curso duma evolução livre. Muito cedo o tronco dos símios dividiu-se em dois ramos, cada um dos quais seguiu o seu rumo; um dêles formou os símios; o outro, o grupo dos antropóides e o próprio homem. Os símios subiram às árvores; os antepassados das outras duas ramificações permaneceram debaixo das árvores, perto do solo, e arrastando-se entre a mata e os matagais foram ficando antropóides, ora trepadores, ora caminhantes. Dêstes últimos os que, em vez de se isolarem exclusivamente na floresta, como numa jaula cujas barras fôssem os troncos das árvores, também se aventuraram em terreno limpo, tornaram-se caminhantes em postura vertical e deixaram de trepar nos galhos. Utilizaram as pernas principalmente para andar e apoiar-se; os braços, para segurar e manobrar; nêles se conservou, em conseqüência, a antiga mão do primata primitivo, com os seus cinco dedos mais ou menos do mesmo comprimento.

Os símios atuais são, na maior parte, primatas trepadores especializados. Os seus antepassados acusavam mais semelhanças com o homem, do que ainda as têm êles próprios; não eram animais de braços tão compridos nem de pernas tão curtas; apresentavam polegares mais perfeitos e fêmur menos encurvado. Apesar das diferenças ulteriores, o parentesco fraterno é incontestável e tanto mais convincente, quanto mais meticulosa fôr a observação. Um anatomista ilustre confessou que não conseguiu dormir, na noite do dia em que lhe trouxeram, para secionar, o corpo dum símio morto. Mal o abriu, foi como se estivesse vendo o interior dum cadáver de criança; e os seus assistentes, aos quais êle ia passando separadamente os órgãos extraídos, não conseguiam diferençá-los das vísceras humanas. Não sei de autoridade científica que se tenha ocupado com o problema símio-homem, e possa duvidar do parentesco entre ambos. Contra as verdades fundamentais não valem as resistências mais obstinadas — "Eppur si muove!" E movia-se de fato; não era o centro do universo. Diferenças de gradações sutis descobrem-se naturalmente em tôdas as partes; e só pode ser assim, porque estamos observando dois grupos distintos. São, porém, diferenciações e não diferenças essenciais. O homem e o chimpanzé são parentes mais próximos do que o chimpanzé e os atelépodes;

Fig. 237 — A DIFERENÇA FUNDAMENTAL ENTRE O HOMEM E O SÍMIO. No homem, o cérebro tornou-se tão pesado como os maxilares no símio; e os maxilares do homem são leves, como o cérebro do símio.

são verdadeiros irmãos "consangüíneos" cujos sangues fazem boa fusão. A diferença principal está naturalmente na região que criou o homem: a cabeça. O órgão dominante na cabeça do símio são as maxilas; na do homem é o cérebro (Fig. 237). O cérebro do macaco, além de ser essencialmente menor, possui menos regiões (Fig. 238). O animal que se condenou a viver em plena floresta, além das grades da prisão verde que escolheu espontâneamente, pouco estímulo tem para aventuras, ou para uma atividade criadora; daí o abismo enorme que separa — a despeito da fidelidade à forma original — o cérebro do símio do cérebro do homem civilizado. A diferença seria, em verdade, menos impressionante, se considerássemos que se nos deparam, a cada passo, não só entre as raças humanas como no estreito círculo social, diferenças na estrutura cerebral e, portanto, na personalidade e que, freqüentemente, um macaco bem desenvolvido nos parece mais nosso parente do que um nosso semelhante. Essencial é — e perante êste fato devem calar tôdas as divergências — que o cérebro do macaco e o do homem diferem, radicalmente e de maneira análoga, do de qualquer outro animal dotado de cérebro, graças ao distintivo comum dos primatas: cérebro pròpriamente dito, cérebro recente em vias de reprimir o cérebro primitivo. "Livrar-se do cérebro velho, subjugar a animalidade" é a divisa dos primatas; e quer os símios, quer o homem, lutam com o mesmo problema, até hoje sem vitória. Em razão da analogia fundamental do seu cérebro, os símios e o homem têm afinidades excepcionais na estrutura psíquica. A imagem da natureza humana se obterá

mais fàcilmente pela observação do símio do que pelo estudo do homem, criatura difícil de analisar.

Se quiseres entender o homem,
dirige-te ao macaco.

Os símios são "esquizóides", isto é, dominados em parte pelo cérebro primitivo e em parte pelo cérebro recente; em conseqüência, animais gregários e contraditórios, com tendência para vencer o gregarismo da sua natureza; observam-se assim, nos primeiros degraus da escala, hordas numerosas e rigorosamente organizadas; nos graus intermediários, clãs reduzidos e dispersos; e entre os antropóides e o homem, simultâneamente o rebanho e os indivíduos. O símio normal, como todo animal gregário, gosta de que haja quem pense e resolva por êle; quer ter um guia que segue cegamente. Os mais fortes, os mais astuciosos,

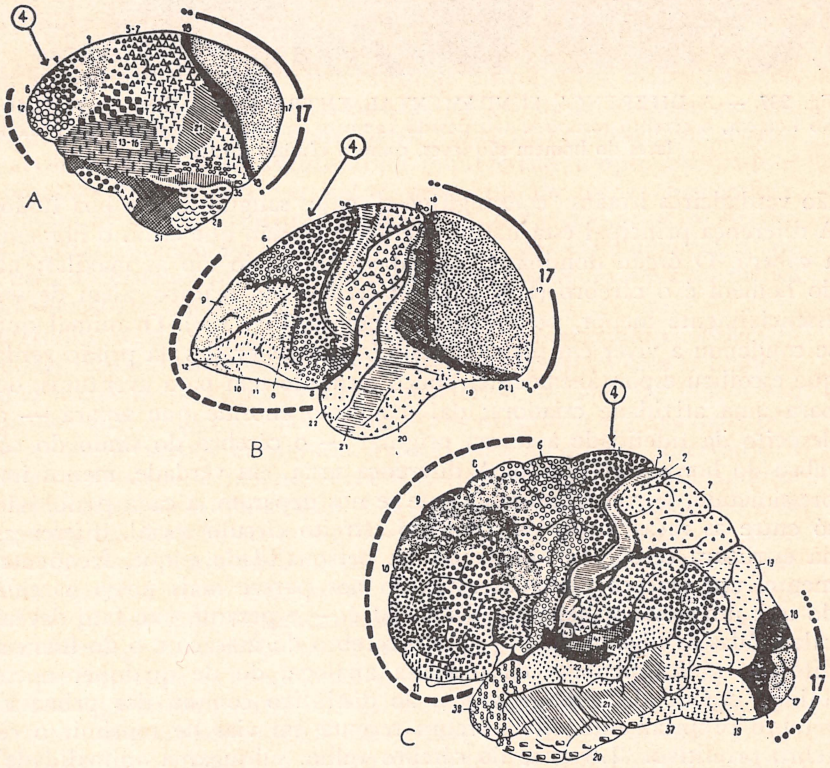


Fig. 238 — AS REGIÕES DA CAMADA CORTICAL DO CÉREBRO. As células agrupam-se na superfície do cérebro, em regiões que se denominam "regiões da camada cortical". O seu número aumenta de conformidade com esta linha de evolução: prossímios (a); símios (b); homem (c). Ao mesmo tempo, em virtude do desenvolvimento do cérebro frontal, as regiões (flecha 4) deslocam-se para trás.

os mais ambiciosos do rebanho se aproveitam dessa fraqueza e arvoram-se em "chefes", que desempenham para a galeria o papel de "pai do povo", e são na realidade tiranos, exploradores da fraqueza dos símios medianos, para exercer um terrorismo e gozar todos os privilégios dum monarca. Os inferiores do clã são submissos e bajulões; em conseqüência, todo macaco importante vive cercado duma coorte de criaturas venais. As piores são as macacas. Estas enxameiam em tôrno do paxá; coçam-lhe horas inteiras o pêlo, beijam-lhe as orelhas, oferecem-se. Como os símios praticam os contatos sexuais "more bestiarium", a macaca mostra-lhe, à guisa de "cumprimento simiesco" o traseiro, gesto que entre os homens se considera expressão de pouco caso. O macaco-chefe costuma receber as homenagens devotas da sua côrte com ares típicos de grão-senhor, simulando indiferença, ou esquivando-se absolutamente; contudo, as momices da macacada são gratas ao seu coração, porque o símio é vaidoso, desmedidamente vaidoso. Pode gastar horas enfeitando-se; e não há gôrro de truão que lhe pareça bastante impróprio para o enterrar na cabeça e se julgar assim mais do que os outros. Tudo o que brilha o encanta; e nada lhe merece mais respeito do que um uniforme. Por êste motivo, costuma-se fardá-lo; um dos mais famosos símios amestrados percorria o mundo, com o nome de "General Tom". Nos trópicos é comum vê-los associarem-se aos soldados e tornarem-se "mascotes" do regimento. Êsses macacos "militarizados" depressa aprendem a diferençar o oficial do soldado raso; adulam o primeiro e não escondem o seu pouco caso ao segundo. Assimilam até os preconceitos raciais e tratam os negros como se êles — os símios — pertencessem a uma raça superior. Com o mesmo orgulho se avêm com subalternos, ordenanças, jornaleiros, porque no exército se consideram membros da casta dos oficiais, e em casa como "senhores". E os seus gestos e atitudes são claramente a evidência da regra dos contrastes: os macacos preferem as mulheres; as macacas, os homens. O ciúme pode torná-los insuportáveis a ponto de ser preciso desfazer-se dêles. Certa vez, no zôo de Paris não havia jeito de induzir um mandril fugido a voltar à jaula. Recorreu-se então ao expediente de colocar lá a filha do tratador, muito querida do animal e fazê-la abraçar por um guarda estranho. O mandril correu imediatamente à jaula; e ai do rival, se não se escapulisse a tempo! Os macacos jovens fazem a côrte às fêmeas, e até de preferência às acasaladas. As fêmeas acham isso muito a seu gôsto; mas, assim que o admirador toma a sério o convite e quer aproveitar-se do favor, elas "indignadas" dão alarma e o macho acode ligeiro, para distribuir algumas petelecas.

É difícil avir-se com primatas, porque êles pretendem ser bem tratados. Quanto mais lhes fazemos as vontades, tanto mais vão ficando exigentes até à desfaçatez. Onde entram em contato com a civilização humana e não se lhes opuser enérgica resistência, erigem-se em donos do lugar; como, por exemplo, na cidade sul-africana de Durban onde instauraram um regime terrorista, a ponto de tornar inabitáveis os distritos suburbanos. Na Índia é a mesma coisa. Os macacos estão a

par dos horários dos trens, melhor do que os funcionários dos caminhos de ferro. Mal o comboio entra na estação, êles acodem aos bandos e saqueiam os passageiros. Nos quartos de hotel corre-se o risco de que à noite um macaco entre pelas janelas abertas, revolva as malas e se besunte com as loções que encontrar. Nas regiões da Índia povoadas de macacos, não se entra num templo, sem lhes pagar um tributo. Êles examinam o presente — frutas, geralmente — especialmente levadas para tal fim, com a mesma atenção com que, entre nós, o porteiro olha a gorjeta que lhe damos. A macacada considera um templo bem freqüentado uma emprêsa lucrativa; entre os vários bandos irrompem lutas religiosas pela posse duma dessas sinecuras rendosas. Comparados aos outros animais, os símios são vândalos; enquanto uma criatura nobre como o cavalo ou o gato é reconhecidamente sóbria e seleciona a comida, os macacos devoram o que lhes cai nas mãos; e, depois de encherem o pandulho a ponto de não caber nêle um bocado mais, sujam os restos, para que outros não possam aproveitá-los. Se o paxá rosna: "Comida", a côrte azafama-se e cada qual acode com petiscos que enfia na bocarra aberta do senhor. Êste inspeciona as oferendas, solta grunhidos de satisfação ou de desagrado; não raro o vassalo, que lhe traz pouco, recebe um sôco ou um bofetão — que é uma invenção dos macacos. As favoritas da côrte servem ao paxá as guloseimas ofertadas; não, porém, com as mãos. Primeiro as metem na bôca e depois lhe apresentam entre os lábios o alimento pré-mastigado. Isto poderia ser a resposta à pergunta do gato Hidigeigei: "Por que se beijam os homens?" O beijo, que se observa em verdade em tôdas as classes de animais, preludiando o ato sexual, como pressão recíproca de duas aberturas do corpo, manifesta-se nos primatas sob a forma dessa "oferenda alimentícia" da fêmea. Os macacos, naturalmente, gostam de beber e — como entre os humanos — o sedutor se vale do álcool para diminuir a resistência da donzela. Os indígenas capturam bugios pondo-lhes ao alcance bebidas fortes: e, à semelhança do que narram as velhas histórias humorísticas de estudantes, que na manhã seguinte à folia despertavam no xadrez, o mono acorda da bebedeira entre as tábuas dum caixote.

Como acontece ao homem, depois de comer, os macacos fartos ficam mansos e preguiçosos; o clã reúne-se: a hora da "sala de visitas". Uns conversam; outros palitam os dentes; outros ainda cochilam. A mãe — que, entre nós, a essa hora costuma apanhar o seu tricô — aproveita o tempo para catar os filhotes. Não falta sequer o orador de mesa. Um dos macacos sobe a um galho mais alto e pronuncia um sermão. Ainda não sabemos o que êle diz. Mas deve ser um discurso regular, com opiniões, advertências, críticas, ameaças e promessas, porque o orador faz caretas, cora, empalidece — um privilégio dos primatas — abre os braços, ergue o punho ameaçador e bate patèticamente no peito, que ressoa para dar mais fôrça à eloqüência da alocução. Como os seus longos braços chegam a tocar a terra, os macacos não batem os pés; batem as palmas no chão. Tem-se a impressão

de estar vendo a caricatura dum demagogo humano; um Cícero espreitando o auditório, experimentando o efeito das suas palavras nos ouvintes, fazendo entre as frases pausas cuidadosamente medidas para impressionar, alternando as passagens calmas aos períodos fogosos. Chegado à conclusão, volta ao meio da plebe comum, com uma expressão digna de quem anunciou a salvação do mundo. A atitude dos ouvintes também nos oferece um quadro familiar. Êles sucumbem prontamente à sugestão da massa; seguem cegamente o chefe se êste os concita a praticar o mal; berram de prazer se o dito lhes agrada; assobiam para manifestar a sua reprovação; e escarram, quando estão furiosos.

Numa fazenda de criação de macacos presenciei o modo como um símio, que se julga ofendido pelo homem, sabe manifestar-lhe dràsticamente o seu desprêzo. O gerente do estabelecimento apresentava um gorila. Postado junto da espêssa vidraça que isolava o símio do mundo exterior, falou ao animal e pôs-se a tamborilar no vidro. Um tanto mal humorado, o gorila veio vindo do seu canto e, com a cara voltada para nós, começou a dançar a êsse mesmo ritmo de pandeiro uma espécie de sapateado. O símio dançava melhor do que qualquer homem, o seu senso de sincronia era mais pronunciado até do que o de muitos sêres humanos. Do lado de fora, o gerente começara a tamborilar devagar e baixinho, acompanhando a percussão com assobios, ou cantarolando entre dentes. Depois cantou mais alto, acelerou o ritmo, intercalando no canto uma série de "hops" enérgicos. No mesmo compasso, o macaco gigantesco apressava os movimentos com a exatidão de um boneco de engonços. Com mais e mais fôrça as coxas possantes batiam no chão e se movimentavam, fazendo ressoar as pranchas da jaula, cada vez mais agitava os braços de punhos cerrados, sacudia frenèticamente a cabeça, revirando os olhos, arreganhando os dentes em esgares ferozes. O nosso agrado, que logo passara a ser admiração, se ia mudando aos poucos numa tensão angustiosa, não isenta de terror. Aos gritos cada vez mais imperiosos do homem, o gorila também desatou a soltar sons esganiçados. Tinha-se a impressão de que o colosso lá dentro poderia explodir a cada instante, se não lhe desse para empregar a sua violência primitiva, levada ao paroxismo, arrombando a jaula para barafustar pelo mundo e desabafar em tremenda vingança o ressentimento contra os inimigos que o mantinham engaiolado, que o obrigavam a dançar — Sansão e os filisteus em Gaza! Inesperadamente, porém, o diretor da fazenda interrompeu a sua música, tal qual um rádio bruscamente desligado. De maneira igualmente súbita, como se os ligasse um contato elétrico, do outro lado do anteparo transparente o gigante se imobilizou, petrificado, a ponto de se poder acreditar — se ainda não o sacudisse um leve tremor — que tínhamos diante dos olhos uma estátua de bronze escuro. Nesse momento, porém, ocorreu uma coisa deveras estarrecedora: com a mesma presteza com que as coisas se passaram até aí, tão de improviso que ninguém poderia adivinhar o que ia acontecer, nem se-

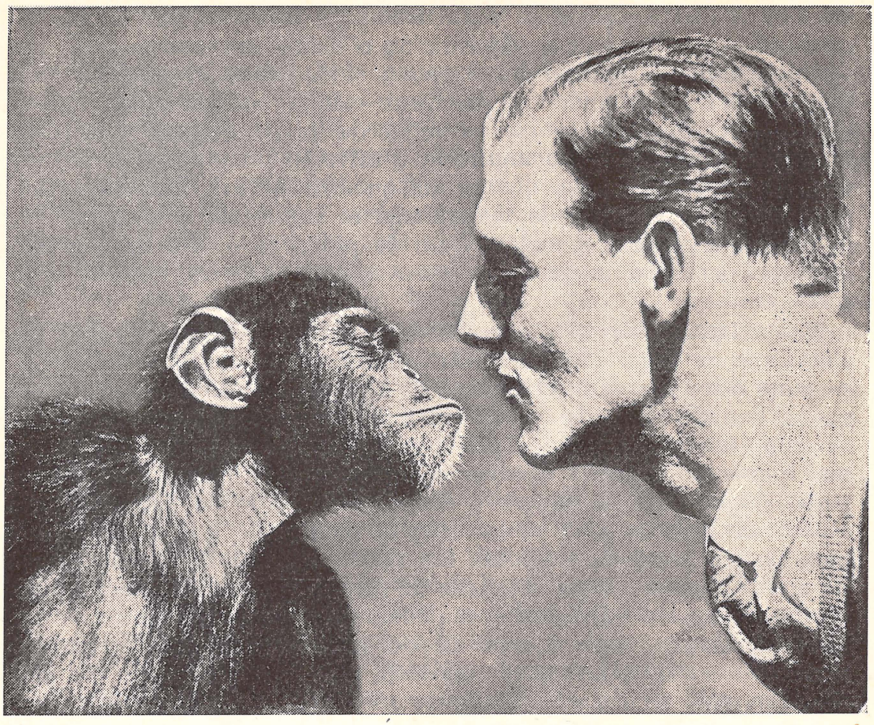


Fig. 239 — CARACTERÍSTICOS DA CABEÇA HUMANA. O traço proeminente não é a dentadura, mas o nariz. O nariz não é chato; é saliente. A testa não "foge"; sobe. O crânio é mais volumoso do que a ossatura facial. A orelha enrolou-se e tornou-se menor.

guir os movimentos do gorila, êste evacuou na mão uma quantidade considerável de excremento e arremessou-a com tal fúria contra nós, que nos esquivamos instintivamente... Mas a vidraça resistiu. A imundície que o gorila nos atirara, para exprimir o seu desdém, grudou-se ao vidro e esparramou-se em tôdas as direções. O símio voltou-nos as costas; com um gesto infinitamente triste recolheu-se ao seu canto. Posso apenas dizer: "O tiro acertou em cheio..." Ficamos sem fala, tomados dum senso de infinita humilhação.

Os macacos cumprimentam-se, à maneira dos homens, com sorrisos. Não se esclareceu o que significam êsses sorrisos, como não sabemos o sentido do riso e do chôro. Por que uma criatura, para suscitar compaixão, verte líquido pelos olhos? E o sorriso, dilatando a bôca, põe à mostra os dentes caninos: logo, o sorriso deveria ser um gesto de ameaça. Com efeito, quando é exagerado, o riso degenera em grotesco arreganhar de dentes; nas crianças, observa-se com relativa freqüência essa transição da hilaridade para o ar sério. Seja como fôr, o símio partilha com o homem o privilégio duvidoso de se poder aproximar

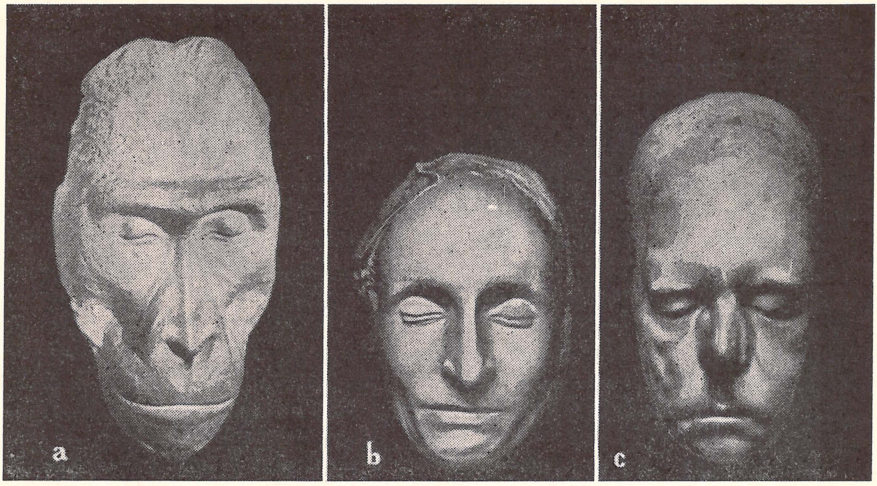


Fig. 240 — A FISIONOMIA DOS PRIMATAS. *a)* Máscara mortuária de macaca; *b)* Máscara mortuária de Pascal; *c)* Máscara mortuária de Walter Scott. A semelhança entre a cabeça do símio e a do homem evidencia-se particularmente nestas máscaras. Não menos evidentes são as diferenças. O corte dos lábios está nas três efígies à mesma altura. No símio, a parte média da cabeça: o aparelho olfativo e o maxilar superior, é quase o dôbro da mesma região nos outros dois rostos. A testa — menos bem apresentada aqui do que na fig. 239 — é muito baixa. Nos dois crânios humanos, não se percebe sòmente o desenvolvimento extraordinário do cérebro, mas também a diferença entre os dois tipos humanos: o braquicéfalo e o dolicocéfalo. Em confronto com a qualidade de cérebro, a sua massa — perceptível exteriormente pela sua extensão — é de importância secundária.

do adversário sob a máscara da amizade para depois desferir pèrfidamente o ataque. Fingir é uma primazia dos primatas, mas também — por muito estranho que pareça a princípio é uma superioridade. O animal pratica o mal sem fingimento, porque não tem noção do mal. E só finge quem sabe que tenciona agir mal. Nos símios, já acorda — porque age com um "cérebro recente" – a consciência da culpa; eis por que êles dissimulam.

Às numerosas fraquezas dos primatas se opõem grandes méritos que não seriam de esperar no reino animal. Do contrário, como evolveria dêles a espécie que originou um Sócrates, um Buda, um Bach! Como a maior parte de suas fraquezas, a maioria das suas virtudes são as da criatura gregária. A moral dum animal de rebanho culmina numa frase: "Um por todos e todos por um". Tal qual entre os homens, entre êles também isso não passa de frase altissonante, enquanto a necessidade não bater à porta. Quando as coisas correm bem, cada um cuida de si, pensa apenas em si. O homem trata do *seu* poder; a mulher não tem na idéia senão o marido e os filhos: o *seu* marido e os *seus* filhos. E, como o clã vive estreitamente unido, as desavenças não faltam; não passa uma hora, sem uma briga ou um "rôlo" de

macacos. Basta, porém, os galhos crepitarem, anunciando a aproximação dum leopardo, ou rufarem à orla da floresta os pandeiros dos batedores, e a cena muda de golpe, como entre nós, em dia de declaração de guerra. Dum momento para outro, todos formam "um povo"; esquecem-se as lutas de classe, os inimigos abraçam-se, e o macaco-chefe é investido por unanimidade no comando supremo. As comadres bisbilhoteiras convertem-se em heroínas e a filharada — até aí tratada com bofetões e puxões de orelhas — transforma-se no "bem mais precioso da nação". Um bando de macacos em estado de guerra é uma coisa respeitável. A luta é conduzida com estratégia exemplar. O símio-chefe, cercado dos seus "homens" mais valentes, coloca-se na vanguarda e sacrifica-se, como qualquer macaco, sem hesitações, pela comunidade. Os feridos são socorridos, com desdém do perigo próprio; os cadáveres, num vislumbre inicial de culto dos mortos e veneração dos heróis, são transportados e chorados com uivos dolorosos. A macaca não larga o filhote; a tal ponto que, para apanhar filhotes de macaco, muitas vêzes se faz mister matar a mãe, a fim de se obter o filho. Nos símios, o amor à cria é tão intenso como nos papagaios, tanto que se costuma zombar dêles por êsse "amor de macaco". Tal como nós, êles gostam de criar sêres jovens, sem olhar muito à espécie a que êstes pertencem. Assim como nós levamos para casa um cachorrinho, um gato, um ouriço, um sabiá novo, assim os macacos roubam do ninho doutro animal um filhote, e não se conformam com devolvê-lo. Criam gatos recém-nascidos e roem-lhes as unhas, quando elas começam a crescer (Fig. 241). Um babuíno, viajando por terra com uma coluna, topou num intervalo da marcha com uma jumenta amamentando o burrinho. O babuíno quis arrebatar-lhe o filhote. A burra, que também é mãe amorosa, atirou-lhe um coice à cabeça, matando o salteador sob as patas. A perda do babuíno desnorteou completamente uma macaca, que nem sequer era de sua espécie, mas viajava com o mesmo comboio — desolou-a tanto, que ela se finou de inanição. Um gibão, criado em Sumatra por um cientista holandês, quando êste regressou à Europa, ficava aguardando à porta que o amo voltasse à hora habitual. Morreu de fome, porque nada conseguiu induzi-lo a comer sòzinho.

Os símios adultos, arrancados ao seu ambiente natural e transportados além dos mares em caixotes ou gaiolas de arame, para jardins zoológicos muitas vêzes apesar dos maiores desvelos morrem de saudade do seu habitat. Os símios têm uma noção acentuada da honradez, a altivez dum nobre guerreiro; a humilhação da derrota sofrida, a vergonha e a dor de serem arrebatados ao seu clã lhes ralam o coração como uma doença mortal, favorecem a manifestação e, acima de tudo, a marcha maligna da tuberculose que, nos climas frios, ameaça os macacos, tanto quanto os sêres humanos.

Em 1930 exibia-se em Londres, como "prêsa rara", um casal de gorilas adultos. O espetáculo que êles ofereciam era mudo em verdade, mas empolgante como uma tragédia de Sófocles. A fêmea —

Fig. 241 — OS PRIMÓRDIOS DA TÉCNICA ENTRE OS PRIMATAS. Os símios arremessam blocos de pedra sôbre os inimigos. Inventaram o guarda-sol e o enxota-môscas. Têm "animais domésticos"; roem as unhas aos gatos e tratam os ferimentos com folhagem.

esplêndido espécime de criatura negra — jazia inerte no soalho. Ao lado dela, hirto como um deus num templo, imóvel como esculpido em lenho, o macho segurava-lhe a mão. Em dois cantos da jaula fria, estufas elétricas irradiavam um pouco de calor — sol polar sôbre animais dos trópicos. O casal de gorilas não reparava nelas; também não nos dava atenção; olhava ao longe como se nós nem existíssemos. No olhar vago do sombrio deus lenhoso, lia-se uma tristeza tão profunda, uma resignação tão desesperada, uma soledade tão dorida e confrangedora, que nos envergonhamos, como homem, de estar ali, cúmplice do crime que trouxera a êsse lugar, com astúcia e violência, êsse magnífico par de animais inofensivos, arrancados à sua floresta nativa. Desejava-se que o "carcereiro" tivesse a grandeza de alma de arrebatar quanto antes os dois animais, visìvelmente sofredores, à cerração de Londres, a essa jaula tristonha, para os repor na sua pátria africana. É óbvio que isso não aconteceu; hoje, os dois couros empalhados ornam sem dúvida um museu.

Para desenvolver-lhes no cativeiro as qualidades inatas, os macacos têm de ser apanhados muito novos e educados metòdicamente, com carinho, como os filhos dos homens o que — segundo se reconheceu felizmente, nos nossos tempos — requer tôda a dedicação dum tratador competente. Os macacos adultos não perdoam os vexames que os fizermos sofrer. Tal como nós, os homens, esquecem fàcilmente o bem recebido e guardam através dos anos a recordação das ofensas, esperando o dia da desforra. Certo símio, alojado desde sete anos num jardim zoológico europeu, animal sempre pacato, um belo dia se enfureceu sùbitamente. Aproximara-se da jaula um negro; e o símio fôra capturado por negros. Nada contraria mais os macacos do que perceber que riem dêles. Calcule-se, pois, o estado de ânimo dos símios, à vista da multidão grosseira dos curiosos, rebentando de riso diante da jaula, porque os macacos se portam... como homens.

Êles sabem distinguir entre o sério e o facêto, entre a criança e o adulto. Dos pequenos suportam tudo; dos adolescentes aturam brincadeiras leves; dos adultos só o que quadrar com a sua índole e a relação entre êles e os autores da pilhéria. Quando lhes pregam uma peça inconveniente, os símios voltam as costas indignados. Como entre os homens, há entre êles tipos de bom e mau gênio, dóceis e indisciplinados, inteligentes e estúpidos. Um macaco inteligente aprende no cativeiro antes de tudo o que denominamos "boas maneiras", isto é, a imitação de certos atos e atitudes aprendidos na família. "Dê a sua mãozinha", ensinamos ao garôto. E, quando êle aprendeu a dar a mão, a arremedar o sorriso, a fazer a sua mesura, versão humana da saudação simiesca, dizemos: "Uma criança bem educada". Assim aprendemos os nossos atos e atitudes, desde a alegria pelo nascimento dum homem até às lágrimas vertidas sôbre o seu túmulo — porque também poderia ser o contrário: assisti entre os índios navajos a uma homenagem fúnebre, prestada a um "príncipe" morto; não é possível imaginar festa mais alegre. Segundo o modo de pensar da tribo, deno-

minado "crença religiosa", o chefe extinto libertara-se do sofrimento terrestre e voltava aos seus irmãos. Assim também os antigos mexicanos não conheciam sorte mais invejável do que a de ser oferecido em holocausto aos deuses. As mães presenciavam, radiantes, o sacrifício dos filhos, porque os guardas dos modos de pensar, os sacerdotes, lhes diziam que as pequenas almas voavam como pássaros de prata ao Sol; e as mulheres hipnotizadas, olhando o Sol, julgavam ver de fato os filhos.

Na segunda década dêste século, um missionário inglês na Índia foi pôsto a par do rumor de estarem duas crianças vivendo num covil de lôbos. Saindo a averiguar essa fábula inverossímil de Rômulo e Remo, o religioso encontrou de fato, vivendo entre os lôbos, duas meninas — a mais velha com oito anos de idade — portando-se exatamente como os lôbos, caminhando como quadrúpedes, arreganhando os dentes a quem tentasse agarrá-las, uivando como as feras, especialmente à noite. O ritmo do seu sono adaptara-se inteiramente ao dos carnívoros; como êles, as pequenas devoravam sôfregamente; comiam no chão, à maneira dos animais. Não foi fácil meter as duas criaturas em gaiolas. Decorreram muitos meses, antes que elas perdessem o costume de investir e morder, e se habituassem a dormir em vez de uivar durante a noite, a comer como sêres humanos comida de gente. Percebe-se neste exemplo a influência por assim dizer monstruosa do que chamamos "família".

Tal qual o homem, o símio aceita qualquer costume que lhe transmitam, sem indagar da sua justeza ou do seu absurdo. Descobre de noite a cama e puxa as cobertas sôbre as orelhas. Acordando de manhã, lava-se e penteia ao espelho a gaforinha onde não há o que pentear. Serve-se de chá; e o modo como o faz diz se foi criado entre inglêses ou entre franceses. Habituou-se a tomar na primeira refeição dois ovos quentes e a comer pão com manteiga; mas a manteiga tem de ser de nata doce. O macaco enjeita a manteiga com sal e ainda em cima resmunga. Terminando de comer, acende um cigarro, abre o jornal diante dos olhos, embora não saiba ler — comparável, nisto, aos nossos semelhantes que vão aos concertos, para bocejar e esperar o fim, quando, aliviados, aplaudem como os outros.

"Aprendestes à vontade
O modo como êle pigarreia e cospe..."

À mesa, o macaco porta-se corretamente, porque é muito jeitoso. Como bom rastaqüera, apanha para beber os cálices mais finos e não há que temer que êle os quebre. Acostuma-se depressa ao vinho, como à aguardente, e dá-se ares de entendido. Chega, porém, ao auge da satisfação, quando o champanha espoca e borbulha nas taças. O símio gosta de brincar com fósforos, como as crianças. Estando o caldo a ferver ao fogo, o macaco levanta de quando em quando a tampa da panela e inspeciona o andamento do cozido, com um olhar experiente

de "chef" francês. Conhece as horas, distingue o estado do tempo, reconhece as pessoas que vão e vêm. Sabe para que vem o leiteiro, o que traz o tintureiro, quem é o médico. Se houver alguém doente, o macaco é quem impõe silêncio e o doutor fica sabendo o estado do paciente mais pela expressão do símio do que pela história lamurienta de vovó. Em viagem para a Europa, um macaco lambeu uma lata de tinta, cujo conteúdo tomara por marmelada. Sentiu-se mal. Levado à enfermaria, teve de tomar leite quente e óleo de rícino. Ao têrmo de duas semanas, incapaz de resistir à tentação, o mono voltou à lata de tinta. Na hora crítica, foi espontâneamente à porta da enfermaria, entrou, pousou a mão esquerda no abdome e, com a direita, apontou a cama e o vidro de óleo de rícino. Na doença, o símio é muito resignado. Estende o braço ao médico para êle tomar o pulso; espreita-lhe a expressão e alegra-se, quando o vê satisfeito. Um chimpanzé, com um abscesso no pescoço, prestes a ser lancetado, ia ser seguro por quatro homens. Quando êstes começaram a agarrá-lo, o chimpanzé danou-se e só se acalmou, vendo os homens afastar-se. Chegou-se então aos cirurgiões com uma expressão agradecida e apresentou-lhes espontâneamente a cabeça para o corte. Esvaziado o abscesso e sentindo-se aliviado, o chimpanzé apertou as mãos aos dois médicos; depois abraçou o enfermeiro.

Os símios não aprendem a falar, embora emitam uma série de sons; chegam, porém, a entender mais ou menos como uma criança de três anos. Como esta, sem saber ler, podem apreciar e compreender gravuras. Habituam-se logo a folhear um livro e acolhem cada ilustração com a expressão apropriada. À vista duma banana, alegram-se e levam a mão à barriga. Se a figura representar um gafanhoto — êstes insetos são petiscos para a macacada — o símio estala a língua. Se aparecer na página a imagem dum macaco, o que está folheando o livro levanta-se, vira-se e faz-lhe a saudação simiesca. Fato singular, o símio partilha com o homem uma aversão acentuada aos reptis. Se aparecer a figura duma serpente, o macaco horripila-se, fecha bruscamente o livro e trepa num móvel. Com efeito, o símio — que se defende contra os leões e surra os cães de caça, a ponto de forçá-los a arrepiar carreira, ganindo — tem mêdo da serpente e do sapo. Mas, como o homem, gosta de brincar com o perigo; volta finalmente ao livro, arrisca um olhar e deleita-se com o seu horror. Êsse ódio aos reptis talvez remonte à inimizade histórica entre os primeiros mamíferos e os sáurios então ainda dominantes; uma reação transformada em instinto pela memória hereditária. O símio — como o homem — pode libertar-se dos seus complexos; uma das mais impressionantes fotografias de animais, cuja chapa foi destruída infelizmente por um incêndio, durante o bombardeio de Londres, apresenta um símio segurando e beijando um pitão, a serpente inimiga nata da sua espécie... Na terra, ainda há esperança!

"... e o lôbo habitará entre os cordeiros; e o leopardo se deitará ao lado das cabras; e a criança de peito brincará com a serpente..." — predisse o profeta. E o Senhor prometeu: "Vêde: eu instituirei uma aliança com os animais bravios nos campos, e com as aves no céu..."

Capítulo XIX

PRIMATAS SUPERIORES — OS ANTROPÓIDES
(Cavidade craniana: 400 cm^3)

1) Um antropóide solitário e trepador: o gibão

Foi Lineu que, na classificação dos sêres vivos, chegou à conclusão de que o homem forma, com os quatro símios maiores, um grupo; razão por que os juntou como antropóides: o gibão e o orangotango na Ásia; o gorila e o chimpanzé, na África. Atualmente não se inclui o gibão nos antropóides, embora sob muitos aspectos êle se assemelhe ao homem mais do que aquêles. Em 1891, quando o médico holandês Dubois descobriu o primeiro osso dum homem pré-histórico, semelhante ao macaco, um "homem-símio", os adversários da teoria da origem das espécies clamaram: "Um grande gibão!" Apesar dessa semelhança com o homem, o gibão não é um antropóide; com efeito, muito cedo o gibão seguiu o seu rumo próprio, que o separou para sempre dos antropóides e do homem. O gibão tornou-se trepador; mais trepador do que quaisquer macacos do Antigo Continente; como os monos mais rabudos da América do Sul, vive tão exclusivamente na ramagem que, em condições normais, nunca abandona a árvore — tanto que foi denominado "ave em forma de macaco". Êle também, como os demais símios trepadores, especializando-se em trepador, fechou a si próprio o caminho da evolução; mas justamente por ter ficado tão històricamente primitivo, tão arcaico em índole e estrutura, é sob tantos aspectos mais semelhante ao homem. Dá-nos uma idéia de como devem ter sido os primatas que há vinte milhões de anos, em meado da era terciária, foram os antepassados comuns do gibão, dos antropóides e do homem. Tal como êsse avô, de que agora possuímos alguns restos, o gibão é menor do que o homem dos nossos dias, do que os antropóides atuais. Permaneceu pequeno, porque se tornou trepador. Tem a estatura duma criança de dez anos. Distingue-se dos macacos trepadores porque, ao contrário dêstes, não vive *sôbre* os ramos, com o centro de gravidade do corpo nas ancas, e sim *debaixo* dos ramos. Suspenso pelos braços, trepa de galho em galho, à

guisa de ginasta pendente duma barra. Os macacos são equilibristas da corda bamba; o gibão é um artista do trapézio. Em razão disto os seus braços se alongaram mais do que em qualquer símio; tanto que, se descer ao chão, êle não sabe onde há de pôr êsses braços. As suas proezas aéreas não se descrevem. Vão ver os gibões que vivem em liberdade nas árvores do parque de Vincennes; são uma das atrações de Paris, o equivalente biológico da jóia de arquitetura que é a Sainte Chapelle. Poucos forasteiros dedicam uma manhã a êsse espetáculo, a admirar as acrobacias sensacionais dos Karsavinas da espécie simiesca. Um gibão dá saltos de treze metros, de árvore a árvore, e repete o salto três vêzes, no espaço de dez segundos. Durante o salto, com um airoso movimento do corpo consegue mudar a direção do vôo. Quando vive em liberdade, é dessa maneira que apanha os pássaros; mas, como o braço é o órgão com que êle se sustém, pega as prêsas com o pé. A êsse símio o pé serve de mão; e a mão, de pé.

Sendo a atitude e os movimentos expressões do caráter, não admira que o ser mais gracioso entre os primatas seja também o de índole mais amável. O gibão é o único mamífero que canta e, num ambiente musical, aprende a solfejar uma escala ascendente e descendente. Ao contrário dos macacos, não é ladrão nem arrogante, e pode ser um companheiro doméstico muito comedido e bem comportado, comparável a uma criança boa. À mesa, não mete a mão na travessa para se apoderar do melhor bocado; espera que o sirvam e dá-se por satisfeito com o seu quinhão. Enquanto outros símios, quando não se lhes fazem as vontades, estrilam, berram, arranham ou mordem — Alexandre Magno morreu tão jovem, da mordedura dum macaco — o gibão, se lhe negam alguma coisa, volta quieto ao seu canto. Em geral, no cativeiro, o gibão fina-se de hipocondria — da tristeza de ter de viver entre os homens. O homem também tem motivo para se entristecer quando vê o gibão; porque é dessa criatura amável, fiel, sincera que derivou a espécie humana. Com a egolatria característica da mediocridade, nós os homens criamos, em honra de nós mesmos, uma história que nos faz derivar de "símios inferiores" e apresenta o homem de hoje — nós! — como descendente de antepassados bárbaros. Depois, com diligência e bons costumes, graças ao instinto do belo, da verdade, do bem, da arte e da ciência conquistamos meritòriamente a nossa "elevação" atual. Interveio então o próprio poder celeste, para nos declarar senhores da terra, com soberania sôbre vegetais e animais. Esta forma de história, tìpicamente "primata", faz parte dos cacarecos espirituais que o homem do século XX deve eliminar da idéia. Reformemos as nossas noções, aprendamos de novo! Os nossos antepassados não eram brutos ferozes. Se descendêssemos de brutos, segundo a biogênese, na fase da infância, seríamos animais; e só o homem adulto seria humano. É justamente o inverso: a criança é boa, pura, e mais inteligente do que o adulto. Nunca o homem tornará a fazer perguntas tão inteligentes como nos primeiros anos de raciocínio; que depois será desviado radicalmente pelo processo que se denomina

educação, mas que é na realidade amestramento — amestramento para o circo de macacos "Sociedade Humana". Por isso se diz com razão: "a criança inocente". Em conseqüência, quem lida com crianças ainda inocentes se entristece ao pensar no que a educação — isto é, o amestramento segundo a moral do clã — fará inevitàvelmente dêsses "gibões", pela imitação de adultos que lhes propõem as suas ações como exemplo justo e louvável, e reprovam como falso e condenável tudo o que divergir delas. Há o fato que, infelizmente, não se pode banir do mundo: entre os antepassados gibões e o homem hodierno, medeia a série de avós que, a par das qualidades boas, desenvolveram também defeitos. Com o desenvolvimento da face anterior do cérebro, o homem não conquistou apenas razão e moral; adquiriu também imoralidade. Já o reconheceu Buffon, o fundador sagacíssimo da zoologia moderna, filho autêntico da França esclarecida do século XVIII, ao refutar a teoria de Lineu: a "criação do homem à imagem de Deus", com a frase estarrecedora e, para o seu tempo, quase suicida: "O homem é um macaco degenerado". O antropólogo americano Hooton, que se eleva acima da mediocridade pela clareza e pelo arrôjo do raciocínio, chegou dois séculos depois ao mesmo resultado: "Admira que, nos nossos dias, o homem possa encarar um símio e reivindicar qualquer afinidade com êle, na base do seu procedimento. Todo macaco decente repeliria qualquer pretensão do homem de terem ambos ascendentes comuns". É uma herança de dois gumes a que nós adquirimos com a dilatação da face anterior do cérebro. Aplica-se-lhe a exortação de Goethe:

O que de teus pais herdaste;
Conquista-o, para o possuíres.

No princípio do século, quando se confirmou definitivamente o parentesco do homem com o macaco, para nos livrarmos do pêso dêsse atestado, clamávamos: "Afastemo-nos do macaco!" Em meado do mesmo século, que nos demonstrou, numa medida que não julgaríamos absolutamente possível, a bestialidade do "Homo sapiens" gritamos, cheios de saudade e de pesar: "Voltemos ao gibão!"

2) Os três antropóides que andam

Os três antropóides: orangotango, chimpanzé e gorila, não se penduram como o gibão pelos braços; têm a posição vertical do homem, apoiados nas coxas. São bípedes, como o homem. A respeito dêles sabemos muito menos do que presume o leigo. Efetivamente, no cativeiro êles são difíceis de estudar; e houve até aqui pouco ensejo de observar os que vivem em liberdade, porque são raros, muito ariscos, habitam o interior da mata virgem e se furtam a qualquer importunação, fugindo sùbitamente ou mudando de habitat. O menos comum é o orangotango que vive no sul da Ásia; passeia provàvelmente de árvore em árvore, nos galhos mais baixos; movendo-se, assim, por

sendas aéreas. Também não está esclarecida a relação de parentesco do orangotango com o homem. Segundo Darwin: "O berço da espécie humana tem de ser procurado na África". É da natureza das mentes excelsas farejar a verdade, ainda que não possam vê-la. Shakespeare, Leonardo da Vinci, Goethe pressentiram verdades — como os filósofos pré-socráticos da Grécia. Entre os naturalistas do século XIX, tiveram êste dom Faraday, Darwin, Haeckel. Darwin disse: "África". Descobrindo-se em Java, no ano de 1891, os restos do pitecantropo, tôda a ciência naturalmente, como se obedecesse a uma ordem, mudou de rumo, voltou-se para a Ásia. Mas que valem alguns ossos, perante uma convicção expressa por um Darwin no fim da vida, como resultado de decênios de raciocínio? Na nossa época, descobriram-se formas de transição para o homem, muito mais antigas na África meridional — o que tornou a pôr em voga a tese de Darwin. Além disto, a pesquisa científica contemporânea vem trazendo contìnuamente à luz novos testemunhos do estreito parentesco entre o homem e o chimpanzé. Dentre êstes, um sobressai pelo seu cunho de curiosidade, tanto mais que também permite um olhar significativo aos métodos da ciência moderna: os piolhos. Os simbiontes de animais e vegetais são testemunho incorrutível do parentesco, ou da nenhuma afinidade dos seus hospedeiros. Os simbiontes — sejam êles vírus, bactérias, tripanossomos, carrapatos, pulgas ou piolhos — estão em sintonia com o plasma do ser que os hospeda, e são sensíveis a qualquer alteração do seu terreno plasmático. Um especialista em parasitas dos peixes declara: os peixes que têm parasitas da mesma classe também devem ser parentes; e, estribado nessa regra, sustenta que certos peixes estão situados em lugar errado na árvore genealógica dêsses vertebrados. Os parasitas contradizem os zoólogos; naturalmente, em zoologia, os parasitas têm mais voz no capítulo do que o melhor dos nossos zoólogos. Entre os mamíferos, cada espécie tem o seu piolho específico; do piolho, sem sabermos de que pêlo êle foi tirado, podemos deduzir que animal era o hospedeiro. Um zoólogo alemão, que em literatura fêz jus ao título de "maior especialista da Europa em piolhos", formulou a lei do "paralelismo histórico da origem, entre o hospedeiro e o parasita". O elefante é um tipo especial, muito afastado da forma primitiva; assim é o seu piolho. Do mesmo modo, passando-se a foca para a água, o piolho da foca também se tornou aquático. Os piolhos do homem revelam ao especialista experiente se derivam dum europeu ou dum mongol. O "maior especialista em piolhos" afirma igualmente que a classificação dos prossímios não está certa, porque não concorda com a classificação dos piolhos. Chegamos enfim ao ponto que nos interessa: o homem e o chimpanzé têm piolhos de semelhanças tão perfeitas — duas espécies quase idênticas de piolhos da cabeça e uma espécie de piolho do púbis tão idêntica que não resta a menor dúvida quanto ao parentesco próximo dos hospedeiros dêsses parasitas.

O homem conservou-se mais chegado ao tronco original do que o chimpanzé. O gorila também não se deve ter distanciado muito da-

Fig. 242 — RETRATO DE SÍMIO JOVEM. No macaco novo, a semelhança com o homem é muito mais acentuada do que no adulto — prova biogenética da tese de que, na pré-história da espécie simiesca, os símios se pareciam mais com o homem do que os de hoje, quando a especialização os distanciou tanto do tronco comum símio-homem. Bastam poucos retoques a esta fotografia, para obtermos um retrato de homem.

quela ramificação primitiva; com efeito, na primeira idade, o gorila se parece com o homem ainda mais do que o chimpanzé. Seria de desejar que muitos homens pudessem exibir uma fisionomia tão inteligente e digna de confiança, como a do jovem símio da figura 242. Mais tarde, porém, o gorila se desviou muito do ramo homem-chimpanzé. Durante a fase do crescimento os seus dentes se tornam grandes; com êles engrossam os maxilares; e, com os maxilares os músculos

que repuxam os ossos em arestas salientes, transformando assim a cara bonachona do gorila adolescente na máscara brutal do gorila adulto. A falar verdade, não é lícito afirmar sem mais que o gorila seja menos inteligente do que o chimpanzé — como se presume e o faz supor o seu aspecto. O chimpanzé é um autêntico extrovertido, de temperamento alegre, bem humorado e jovial, amigo de se exibir. O gorila é um introvertido com tendência para a hipocondria. É difícil dizer o que sabem ou pensam as índoles taciturnas. A história nos dá exemplos suficientes de gênios menosprezados na primeira idade, porque não se mostravam extrovertidos como crianças "normais". Einstein passava na família por ser um *retardado*. Um chimpanzé é uma aquisição de primeira ordem para um circo ou um zôo. Para êsse antropóide, como para um garôto de dez anos, uma bicicleta é uma alegria. O chimpanzé orgulha-se do seu uniforme, como um jovem recruta. Faz coisas surpreendentes, com o seu dom de combinar: empilha três caixotes para atingir o cacho de bananas pendurado na tolda; ordena aos companheiros de jaula que lhe segurem essa tôrre precàriamente equilibrada; junta duas canas de pescar, para derrubar as bananas; aprende a diferença entre moedas grandes e pequenas, e sabe que se obtém mais com a grande; também aprende a esvaziar, com moedas, um distribuidor automático. Quem nos diz que o gorila não faria as mesmas coisas, se quisesse? Mas o gorila não as faz. Talvez considere com desprêzo o primo chimpanzé, de gôrro de bôbo na cabeça, cachimbo na bôca, rodas faiscantes de bicicleta debaixo dos pés, porque êle se deixa reduzir pelos homens à condição de palhaço. O gorila permanece o que é: um cativo, melancólico, arrebatado traiçoeiramente pelo homem à sua mata virgem, rosnando e finando-se atrás das grades — é talvez mais do que a caricatura agaloada do homem civilizado.

Capítulo XX

O PRIMATA SUPREMO — O HOMEM

1) Há vinte e cinco milhões de anos: um primata antropomorfo, em meado da era terciária

A era em que vivemos denomina-se "quaternária" — a quarta. Começou há um milhão de anos e tem sido preenchida por uma série de períodos glaciários, separados por épocas intermediárias mais quentes. O homem civilizado é antigo mais ou menos como a era quaternária. Os pitecantropos, ou homens-macacos, datam provàvelmente de

dois a cinco milhões de anos antes da era quaternária; apareceram, pois, em fins da éra terciária.

A era terciária durou cêrca de setenta e cinco milhões de anos. Costuma-se dividi-la em antiga, média e tardia. A era terciária é a florescência dos mamíferos que já existiam, em verdade, no princípio da terciária antiga, embora em formato ainda pequeno. Foi o tempo em que os elefantes, os cavalos, as girafas eram do tamanho dos nossos cães. No curso da era terciária, cresceram, atingindo em parte proporções gigantescas. Em fins da era terciária extinguiu-se a maioria dos formatos colossais de que, na era quaternária, subsiste só um número reduzido, como o mamute, a grã-bêsta ou alce gigante, o bisão. Ainda vivem hoje alguns remanescentes dos mamíferos colossais: o elefante, o rinoceronte, a vaca marinha.

Inclui-se também, na era terciária, a história dos símios, como está esboçada na figura 235. Em princípios dessa era, os insetívoros, antepassados dos macacos, eram muito espalhados; dêles derivaram, na terciária antiga, os lemurianos da Austrália; na terciária média, os prossímios e os símios. Na segunda metade da era terciária, os primatas especializaram-se no seu tipo atual: símio, antropóide e homem. Cumpre, portanto, situar o ponto, em que o tronco dos primatas se dividiu nas três ramificações mais importantes para nós, em meado da era terciária, num período que remonta a uma época entre trinta e vinte milhões de anos atrás — a época em que foi criado, juntamente com o símio e o antropóide, o tipo homem. Êste, segundo as teorias, devia ser uma criatura baixa e franzina, pouco mais baixa do que o gibão atual, não sem semelhanças com êste símio, mas dotada ainda de braços e pernas do mesmo comprimento, de mãos autênticas do tipo da mão humana, e de pés mais parecidos com essa mão do que se parecem hoje os pés humanos com os pés simiescos. A dentadura devia assemelhar-se à do homem hodierno, com dentes de altura igual sem caninos; porque, senão, êsses primatas se teriam tornado macacos e não homens. O crânio estreito só fornecia espaço para um cérebro diminuto; um cérebro pouco maior do que o do macaco atual, mas um tanto menor do que o do chimpanzé.

Que coisa extraordinária! Numa ilha do lago Victoria-Nyassa, isto é, no centro da depressão ocidental africana, descobriram-se aproximadamente dois mil fragmentos de ossos de animais, da média era terciária. Ali se depararam aos olhos fascinados — sim, senhores: fascinados! — dos paleontólogos, os restos do crânio dum primata, correspondendo ao seu modêlo teórico ideal: um crânio leve, menos pesado, menos forte do que o dos símios de hoje, com mandíbulas equivalentes aos maxilares do homem, todos os dentes da mesma altura e cérebro pouco volumoso; o dum animal pouco maior, sem dúvida, do que um gibão, um animal antepassado do homem e do chimpanzé, ou próximo parente do antepassado dêste.

A descoberta dos ossos dum crânio da época terciária é um achado raro, porque a maioria dos animais menores daquele tempo ou eram

devorados em vida, ou carcomidos depois de mortos, pelos numerosos apreciadores de carniça; hienas, urubus, ratos e, finalmente, formigas; até não restar o menor frangalho de substância sujeita a decomposição. Ficavam apenas as coroas dos dentes revestidas de esmalte. Graças a êsses diamantes do reino animal, se havia de averiguar que alguns milhões de anos mais tarde, numa cálida época intermediária, se propagara na Europa, até ao litoral da França, um primata que recebeu a denominação de "driopiteco", símio das selvas, embora não vivesse em florestas, mas perambulasse evidentemente em regiões de vegetação rasteira e terrenos rochosos. Nos seus maxilares, ao contrário dos dentes laterais separados do crânio do Victoria-Nyassa, já aparecem os dentes unidos em caninos de coroa convexa. Como êsses dentes só existem nos três antropóides e no homem, é lícito presumir que o driopiteco esteja muito próximo da série de antepassados do homem e dos homens-macacos.

Os animaizinhos simiescos da média era terciária e os dentes do driopiteco são, por ora, os únicos documentos que possuímos acêrca da pré-história, ainda não humana, da espécie humana; dado, porém, o grande empenho com que se investigam regiões até agora inexploradas, podemos afagar a esperança de que, em breve, outras provas venham à luz. Todavia, poucas que sejam, as que temos já confirmaram o curso de idéias da ciência: o homem não deriva dos símios nem dos antropóides atuais; descende de primatas antiquíssimos que, há mais de vinte milhões de anos, tomaram rumo próprio para homem e para chimpanzé, e, há cêrca de dez milhões de anos, se dividiram em dois ramos distintos: chimpanzé e homem. Os sinais especìficamente humanos: postura vertical, mãos dotadas de polegar, dentadura de dentes parelhos, não derivaram mais tarde do animal. Pelo contrário. Os macacos também apresentavam, a princípio, uma dentadura semelhante à do homem e que, depois, se animalizou; possuíam originàriamente mão de homem e fizeram dela um órgão de trepador, privado de polegar. Nos primórdios da sua existência, corriam no solo melhor do que a maioria dêles faz atualmente. Seria mais plausível dizer que o macaco deriva do homem, do que presumir que o homem descenda do macaco. Definamos, pois, os símios como primatas primitivamente dotados de traços semelhantes aos característicos humanos e que se especializaram como trepadores. Só o cérebro pròpriamente dito foi uma aquisição mais tardia e especìficamente humana, que apartou definitivamente o homem dos demais primatas, e o elevou intelectualmente um "comprimento de cabeça". Esta relação, vislumbrada na Europa só pela ciência moderna, todos os povos que vivem nas regiões habitadas por símios a sentiram como experiência instintiva. Os hindus vêem nos símios homens que os deuses desterraram para as florestas, pelos seus crimes; e sem dúvida, a doutrina hindu da transmigração das almas se inspirou na contemplação da espécie simiesca.

2) Há cinco milhões de anos: homens-símios, na África, utilizam o fogo e a clava

Os animais são criaturas que fazem os seus instrumentos do plasma do seu corpo. Para se proteger, a ameba deposita cálcio na sua própria superfície e converte-se em animalzinho de greda; para aliviar o pêso da concha, perfura-a em vários pontos, enche os orifícios de raios de plasma e é então um radiário; para reforçar os seus cordões, ou raios, escora-lhes os eixos com agulhas silicosas e aí temos um radiolário. O inseto é uma maravilha da técnica plasmática; tem uma couraça que um cavaleiro antigo invejaria; é munido de telescópio para enxergar ao longe, de microscópio para ver de perto. Injeta com cânulas mais bem construídas do que as dos nossos cirurgiões. E realizou o sonho da humanidade: eleva-se no ar, com asas do seu próprio corpo. De modo análogo, todos os animais constroem os seus aparelhos: os peixes, leme, remos e balonetes; as aves, asas; os insetívoros, a dentadura. A técnica animal é a técnica da constituição do corpo. A criação mais grandiosa do animal é o cérebro; e os primatas tornaram-se "primi", os primeiros, porque fizeram da construção do cérebro especialidade sua. A inteligência adquirida por êsse meio os orientou, não só em utilizar os seus órgãos como em pôr ao seu serviço objetos do seu ambiente, isto é, em criar instrumentos. Os instrumentos aliviam o trabalho do corpo, amortecem nêle o instinto de apurar os seus órgãos; em conseqüência, ao desenvolvimento dos instrumentos corresponde a involução dos órgãos. Só um dêstes é estimulado a aumentar a atividade pela utilização de instrumentos: o cérebro que os inventa — de modo que temos nisto um novo exemplo do entrelaçamento, ora útil ora nocivo, de causa e efeito. O cérebro aperfeiçoa os instrumentos; os instrumentos exercem ação benéfica sôbre o cérebro. Assim, a história do primata supremo se tornou, dum lado, a história do cérebro; do outro, a história dos seus instrumentos: a técnica. E, enquanto o animal melhora os seus órgãos, o homem aperfeiçoa os seus instrumentos e deixa atrofiarem-se os órgãos. Por isso, a nossa vida está hoje dividida contraditòriamente em gôzo de instrumentos cada vez mais perfeitos e sofrimento causado por órgãos mais e mais atrofiados. O homem se tornou — como o denomina Freud — uma espécie de deus de prótese.

A utilização dos objetos do ambiente como "instrumentos" observa-se isoladamente nos próprios animais. Os crustáceos enfiam pedras nos mariscos, para que êstes não possam fechar a concha — um ato que pressupõe uma inteligência desenvolvida. O carapau forra o fundo do ninho com pedras, a fim de que a correnteza não o arraste. O caranguejo arranca actínias e estende-as à cara do adversário; as formigas tecem, utilizando larvas como lançadeiras; certo pássaro silvestre, além de preparar à sua eleita uma sacada, enfeita-a com orquídeas. Os símios das alturas rochosas da Abissínia deixam rolar blocos de pedra sôbre os leopardos sorrateiros. O orangotango resguarda-se do

sol com uma fôlha e espanta com outra as môscas importunas. A mãe macaca estanca o sangue do filho ferido, com folhagem (Fig. 241). O chimpanzé serve-se de varas, empilha caixotes, o que já constitui uma "construção"; e mais: levanta grandes pedras, sob as quais procura bichos-de-conta, escorando-as por meio doutra introduzida debaixo daquelas.

Mas — e isto constitui a diferença decisiva entre o animal e o homem — antes de tudo, o emprêgo dum instrumento entre os animais, como entre os macacos, sempre é ato fortuito dum indivíduo isolado inteligente; o emprêgo do instrumento não se torna um hábito; o instrumento não se converte em atributo e símbolo característico, tal como o cajado para o peregrino, o chicote na mão do domador. Também o uso do instrumento não é "praticado" nem se converte em "técnica", à semelhança do que se dá entre os homens, com o arremêsso de pedras ou de lanças. Em terceiro lugar, o próprio instrumento não é elaborado nem aperfeiçoado; as pedras arremessadas não se transformam em balas de canhão nem os bastões em flechas aceradas. Não se desenvolve uma história da técnica. A falar verdade, entre os insetos de habitação coletiva: térmites, formigas, abelhas, observam-se ensaios significativos de técnica autêntica, tais como o cultivo de cogumelos, a fermentação dos grãos de cereal em cerveja; tentativas análogas são, entre as aves, a construção do ninho; entre os castores, a ereção de reprêsas, para o que êles derrubam árvores e, por assim dizer, as reduzem a madeira de construção à maneira humana.

Mas um dia, graças ao desenvolvimento progressivo do cérebro e da "inteligência", chegou a ser atingido o grau em que o primata aprendeu a distinguir entre bordões melhores e inferiores, a escolher o melhor, a guardá-lo "para a próxima vez". Assim começou a história da técnica. O primata conservou a vara, que se tornou sua propriedade, uma parte do seu corpo, o prolongamento do seu braço. As partes inanimadas, que anexamos ao nosso corpo, a fim de melhorarmos os nossos órgãos, denominam-se instrumentos. O primeiro primata, que utilizou repetida e sistemàticamente um bordão foi o primeiro possuidor dum instrumento. Já não andava como os outros, à maneira de animal, só com os órgãos do corpo; avistando um fruto, não trepava na árvore, segurando-se com os braços; ia-se guinchando debaixo das árvores, de pau na mão; com êle derrubava a fruta que lhe tentasse a gula. Se o primeiro fruto lhe ficasse fora do alcance, passava a outra árvore. Como dono dum cajado, sentia-se à vontade; podia escolher, era independente — um "senhor". O mundo se tornara seu vassalo. Graças à posse dum bordão, operava-se nêle a transformação do caráter, da atitude, do sentimento universal, que distingue o homem do animal e o torna dono da terra.

Com êsse "pau na mão", principia a história da humanidade. O cajado é o primeiro da longa série de instrumentos que foram acrescentados ao corpo como novos "órgãos". Os instrumentos são órgãos artificiais. A bengala é um braço alongado; o martelo, um punho en-

durecido; os óculos são lentes ópticas anteriores; e o capacete faz as vêzes doutra calota do crânio. A história do reino animal corre por dentro da epiderme; a história da humanidade, por fora. E, enquanto naquela se fala de peixes ósseos e cartilaginosos, nesta as fases da evolução denominam-se idade da pedra, idade do bronze, era das habitações lacustres, século da máquina a vapor ou da eletricidade.

É óbvio que a exploração das fôrças naturais também faz parte da técnica. A ave de rapina, que leva a tartaruga às alturas do espaço e a espedaça nos rochedos, utiliza a gravidade; conseqüentemente, pratica técnica, tal como a gralha que deixa cair as nozes; a gaivota que faz a mesma coisa com mariscos; o milhafre que carrega no ar — não raro dezenas de vêzes — a oitenta metros de altura, ossos pesados de boi, e de lá os deixa cair tantas vêzes quantas forem precisas para os despedaçar. Um dos "instrumentos" mais importantes — o que diferençou de maneira decisiva o homem primitivo do animal, o que ainda não fôra usado por outra criatura e, portanto, é de fato "especìficamente humano", é o fogo (Fig. 243). É inútil perder-se em conjeturas quanto ao modo como o homem pôde obter fogo. Por certo, vários tipos humanos primitivos, em diferentes partes do mundo, fizeram uso do fogo. Em certas regiões a centelha inicial pode ter sido de origem vulcânica; noutras veio das trovoadas tropicais, repetidas tôdas as noites; noutras ainda da combustão espontânea de matagais estorricadas pelo sol de verão. O importante não é "como" aconteceu e sim que haja acontecido. O plasma é criador, de iniciativa própria; dispensa motivos; não precisa de necessidades; planeja, sonha, pensa, deseja e cria, como a criança brinca, pinta e constrói espontâneamente. Os homens também brincaram no jardim de infância da história; construíram com pedras, cercaram acampamentos como nós fazíamos em pequenos, deitaram à água troncos de árvore, que originaram balsas. Do mesmo modo, brincaram com o fogo e decerto só a pouco e pouco lhe foram conhecendo as propriedades úteis e destruidoras. A utilização do fogo é indício infalível de que a criatura não devia ser símio nem antropóide e sim homem. Onde houver vestígios de fogueiras, houve sêres que se devem denominar homens. Eis-nos chegados enfim à descoberta mais sensacional da pré-história do homem.

Um garôto guardava no bôlso um punhado de dentes, à guisa de bolinhas de gude. Um dêsses dentes — tão pequeno, que não poderia ter pertencido a um homem do nosso tempo — era, no entanto, dente de homem, proveniente sem dúvida dum primata pequeno. Explorando o sítio onde fôra encontrado êsse dente, descobriram-se vestígios duma fogueira pelo menos meio milhão de anos anterior a quantas se conhecem, provàvelmente de dois a quatro milhões de anos mais antiga do que a do pitecantropo de Java. Não se descobriram só sinais de fogo; encontraram-se restos de crânios com traços indubitàvelmente humanos, de dentes todos parelhos como os do homem e céu da bôca igual ao do homem. O maxilar inferior, em vez de ser anguloso como

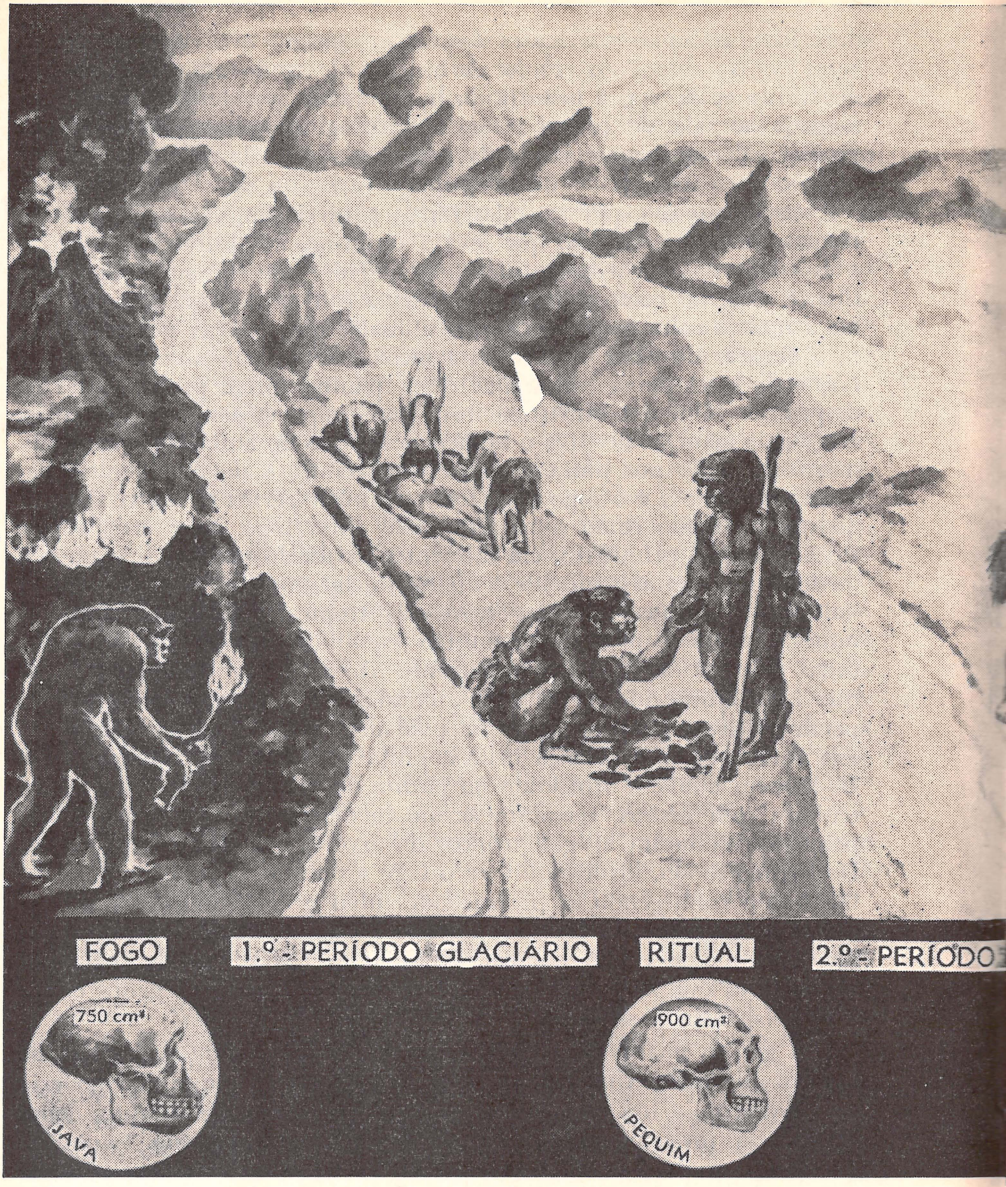


Fig. 243a — **HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DA ESPÉCIE HUMANA.**
A história da humanidade desenrola-se no quadro do último milhão de anos durante o qual, em virtude de oscilações climáticas, se sucederam gélidos períodos glaciários e épocas intermediárias quentes, num ritmo de cem mil a duzentos mil anos. Nesse espaço de tempo, a cavidade craniana aumentou de 750 a 1.250 cm³ — não porém em progresso regular. Segundo as descobertas mais recentes, o emprêgo do fogo data de época anterior à que se lhe atribui no desenho. Os cinco crânios apresentados não são

Fig. 243b — HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DA ESPÉCIE HUMANA.

provàvelmente uma sucessão hereditária: pai, filho e neto; são, porém, as cinco descobertas mais famosas das diferentes épocas. Também os cinco letreiros: *Fogo, Ritual,* etc. e as suas ilustrações não correspondem a um curso lógico de evolução, mas constituem imagens características de cada época. Um curso lógico de evolução é talvez um produto artificial da nossa mentalidade hodierna, e não um fato histórico.

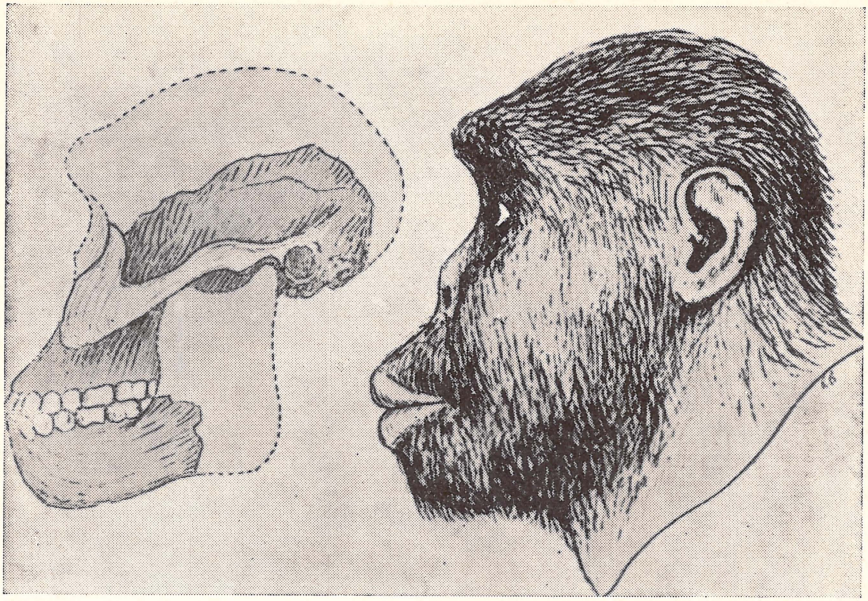


Fig. 244 — O HOMEM PRÉ-HISTÓRICO SUL-AFRICANO "PARANTROPO", DE FINS DA ERA TERCIÁRIA. À esquerda, reconstrução do crânio de Kromdraal, esboçada com as partes ósseas descobertas. À direita, provável aspecto vivo, segundo Broom.

nos símios, forma um arco convexo tìpicamente humano (Fig. 244). Da posição do orifício occipital, que une o crânio à coluna vertebral, deduziu-se que êsses homens pré-históricos andavam em posição vertical. Prova-o também a forma humana da bacia. No crânio, cabia um cérebro quase duas vêzes mais volumoso do que o do chimpanzé, apresentando, ao contrário do cérebro simiesco, certa massa de cérebro frontal. O cérebro frontal é, como se costuma dizer, a sede do moral e do imoral, o que inspirou ao antropólogo americano Hooton êste conceito perfeitamente fundado: "Novecentas gramas de cérebro são suficientes para o ótimo em procedimento humano; o que sobrar, transforma-se em más ações".

Disso já fornecem uma prova irrefutável êsses mesmos homens primitivos de fins da éra terciária: nas suas fogueiras, restam paus e pedras, e crânios esmagados de babuínos mortos a pauladas. Logo, êles abatiam babuínos, e devoravam-lhes a carne, assada em fogueiras. Com isto surgiu mais um característico específico do homem: o canibalismo. Nenhum mamífero superior come os seus semelhantes. A história dos dois leões que se entredevoraram, sobrando apenas as borlas das caudas, é invenção; os leões talvez se dilacerem; nunca se devoram. Rebentar o crânio ao seu próximo, assá-lo ao espêto e comê-lo,

como faz o homem — comê-lo até, segundo as normas dum cerimonial, isto é, o crime idealizado por um culto — é especìficamente humano, um produto do imoral adquirido simultâneamente com o moral. O canibalismo não é uma perversão acidental dos "selvagens", mas um atributo singular do "humano", que se desenvolveu independentemente em tôdas as latitudes do globo; perpetuou-se através de centenas de milhares de anos e só se extinguiu nos nossos dias. Nos contos de fadas, raramente falta a personagem do antropófago. Todo náufrago da Antiguidade sabia que corria o risco de ser devorado pelos habitantes das terras desconhecidas; e dava-se por muito feliz, quando isso não lhe sucedia. Os antepassados dos gregos, que são para nós protótipos do homem civilizado, eram antropófagos, segundo informa a mitologia. O próprio Aquiles imolou na pira do seu amigo Pátroclo bravos rapazes troianos; em compensação, Hécuba ameaçou devorar-lhe o fígado. Quase ao mesmo tempo, ocorria a entrada dos filhos de Israel na Terra da Promissão, em cujos povoados encontraram os fornos do deus Baal, a cujas fauces ardentes se atiravam as crianças; não absolutamente as indesejadas; mas justamente as mais queridas, assim como Abraão estava pronto e se dispunha a sacrificar o seu único filho Isaac — o paralelo do sacrifício de Ifigênia, imolada pelo pai. Dêstes sacrifícios humanos derivaram mais tarde os sacrifícios de animais, a imolação de reses do templo de Salomão; dêstes sacrifícios se desenvolveu o hábito da "Ceia", no princípio do sabá, o uso de saborear pão e vinho como símbolos idealizados da carne e do sangue. Quando os espanhóis aportaram ao México, os sacrifícios humanos e os festins de carne humana continuavam em plena voga; ainda hoje, se vêem nesse país a pedra entalhada e a faca de obsidiana, com que o sumo sacerdote abria o peito e arrancava o coração palpitante à vítima, segura de costas na lousa por cinco sacerdotes de roupagem preta. A falar verdade, não se deveria dizer "à vítima", porque eram sempre dezenas, se não centenas, as criaturas sacrificadas dessa maneira; e a carne fumegante, ainda quente de vida, era distribuída à multidão ébria de sangue. Eram tantos os sêres humanos trucidados que, segundo os relatórios espanhóis, os templos cheiravam mal como outros tantos matadouros.

Quase na mesma época em que os espanhóis punham têrmo aos sacrifícios humanos no México — não por senso moral, porque não eram nada melhores do que os nativos — findavam na Europa, se não os assassínios sancionados oficialmente, os que se praticavam no seio das famílias. Lògicamente êsse uso vigorou mais tempo em dois extremos geográficos: no Ocidente, entre os irlandeses; entre os tártaros, no Oriente. Na Irlanda, como no México, reputava-se opróbrio não ser digno de imolação; e assim como ainda hoje há homens que, na sua ingenuidade, negam a si próprios em vida tôda alegria, para terem, depois de mortos, "funerais de primeira classe", assim os pobres pais irlandeses levavam outrora os seus poucos vinténs poupados aos médicos, a fim de que êles os conservassem vivos até ao dia do casa-

mento da filha. Nessa festa, a sogra — cevada para êsse fim, durante meses — era abatida solenemente e servida — como assado. Os tártaros eram menos bárbaros: entre êles, quando se esgotavam as provisões de carne, as cozinheiras exigiam do comandante prisioneiros de guerra, ou algumas crianças órfãs. Também se matavam pùblicamente condenados à morte, cuja carne se distribuía ao clã, sob forma de "Beefsteak à la Tartare". Acreditava-se que êsse processo imunizava contra impulsos da mesma natureza — uma espécie de vacinação da comunidade contra o crime, pela absorção de plasma de criminoso.

Os últimos canibais sobrevivem ainda hoje, no século da aviação. Em 1947, quando o rei da Inglaterra visitou as tribos negras da África do Sul, bradaram-lhe os guerreiros bantus: "Traze os teus inimigos! Queremos comê-los!" E, quando os soldados americanos, em guerra contra o Japão, chegaram à Nova Guiné, ali se lhes depararam ainda "açougues" onde se oferecia à venda carne de raparigas novas e bem cevadas. A proibição dêsse comércio de carne humana suscitou entre os negociantes êste protesto: "Êles comem os porcos imundos, e mandam enterrar estas meninas apetitosas!"

Os homens são primatas, sêres singularmente esquizóides. Os soldados que se indignavam, à vista dos quilos de carne de moça, traziam no cinto granadas de mão, para queimar os olhos e dilacerar a garganta aos "inimigos", isto é, aos amigos de amanhã. Estamos ainda longe de nos poder horrorizar perante a barbárie alheia. Quando Sven Hedin viajava no interior da Ásia, o seu servo siamês achou na floresta um ninho com uma grande ave. Hedin levou-a para casa, com o propósito de comê-la. Mas envergonhava-se de fazer isso, em presença do criado. Despachou-o, pois, para longe e assou a ave. Regressando inesperadamente e à vista de Hedin, abancado a mastigar a ave trinchada, o servo, mais branco do que giz, vomitou de nojo e fugiu. Naturalmente não voltou; achava incompatível com a sua dignidade servir um homem que matara uma ave, para lhe devorar o cadáver. A mim mesmo aconteceu um fato análogo, numa longa permanência em casa duma aldeã portuguêsa, possuidora dalgumas galinhas. Uma delas, a mais inteligente, afeiçoara-se à dona como uma criança e como tal aquela a tratava. À maneira de saudação, a ave pulava-lhe no braço; a campônia andava assim com ela, falava-lhe, beijava-lhe a cabeça. Era uma cena comovente a que eu assistia todos os dias. Pensava até em fotografá-la e descrever o idílio. Não se estranhará que eu não haja realizado êsse propósito, se disser que, certa manhã, em princípios de dezembro, ouvi a camponesa falar à galinha empoleirada no seu braço, à galinha a que acariciava a cabeça: "Já é tempo de começar a dar-te boas rações... Faltam poucas semanas para o Natal, e êste ano somos quatro pessoas..." Entre essas quatro pessoas ela incluía a minha. Enganava-se, porém. Pelo Natal ficaram só três.

3) Há um milhão de anos, homens-símios, na Ásia meridional, sepultavam ritualmente os seus mortos

O canibalesco homem primitivo da África do Sul não é provàvelmente nosso antepassado; nasceu talvez dum ramo colateral que desapareceu. Entre canibais, que primeiro racham o crânio aos outros e depois de se familiarizarem com êsse processo não hesitam em exterminar o seu próprio clã, não é de estranhar a extinção duma raça, tanto mais que a natureza estouvada dá vida aos seus filhos para depois os devorar, à semelhança de Cronos — o Tempo — o antigo pai dos deuses gregos. Não houve pròpriamente antepassado do homem; mas, em várias partes do globo e em épocas diferentes, a partir da era terciária, se desenvolveram, de raças pré-históricas de primatas desconhecidos, primatas que apresentavam característicos humanos. Cumpre distinguir entre característicos de primata e característicos humanos. Os primeiros são os que o homem tem em comum com os outros primatas: símios e antropóides, e pelos quais se diferença dos mamíferos. Tais são o uso das "patas anteriores" como braços e das posteriores como "pés"; a dentadura sem lacunas; os dentes de trás unidos em molares de raízes múltiplas; os seios que apareceram, como distintivo secundário de sexo, abaixo dos ombros eretos; o aumento de volume do cérebro. Característicos humanos são os que distinguem o primata-homem dos demais primatas: a posição perfeitamente vertical do corpo; a faculdade de andar apoiado nas plantas dos pés, sem auxílio dos braços; o encurtamento dos dentes caninos até se emparelharem com os outros; o cérebro avolumando-se a mais de 500 cm^3; o aparecimento do cérebro frontal e a conseqüente elevação a prumo da linha da testa; desenvolvimento da inteligência, manifestação de senso moral e de amoralidade, como produto dos lobos frontais; emprêgo sistemático e não fortuito de instrumentos; aquisição de destreza no uso dos instrumentos, mediante a "prática"; aproveitamento sistemático do fogo, graças à evolução da inteligência; e progressos acessórios: fundação da casa, conservação do fogo, instituição de guardas do fogo, os primeiros sacerdotes; a possibilidade de cozinhar e assar e o conseqüente estímulo para caçar; a caça ao semelhante e o hábito de devorá-lo. Os primatas em que êsses característicos se manifestaram isoladamente ou aos grupos são "homens". Tais homens apareceram, independentemente, em várias regiões do globo: altos e baixos, claros e morenos, asiáticos, africanos, provàvelmente até europeus; as primeiras fases da existência dessas raças é o que estamos descobrindo atualmente, em diferentes zonas do globo — uma abundância jamais esperada de formas primitivas, tôdas elas "missing-links", no sentido de Darwin.

A primeira e, por largo espaço, única descoberta dum homem-símio, ocorrida em 1891 em Java, foi a do *pitecantropus erectus,* encontrado pelo médico holandês Dubois. *Piteco* significa macaco; *antropus,* em grego, é homem. Esta expressão foi adotada na ciência para designar

tipos humanos pré-históricos extintos, reservando-se o vocábulo latino "homo" para os tipos novos, do período glaciário e da atualidade. *Pitec-antropo; par-antropo; gig-antropo; meg-antropo* são denominações de formas primitivas, de transição, ainda próximas do macaco. "Homo Neandertalensis"; "Homo Aurignacensis" são os nomes dos precursores, próximos de nós, das raças de hoje. "Homo Sapiens" é o título pretensioso dado por Lineu ao homem dos nossos dias.

O pitecantropo de Java era, até princípios dêste século, o único homem-símio de que se possuíam restos dignos de nota: parte superior do crânio, fêmur, alguns dentes, tudo isto indicando um ser que deveria ocupar exatamente a posição intermediária entre o símio e o homem. O fêmur, menos arqueado do que o do símio, se já não *era,* portanto, coxa de trepador, apresentava, porém, uma linha mais curva do que a do homem atual. Logo, o pitecantropo ainda não caminhava completamente ereto; ainda andava recurvado para a frente. A cavidade craniana acusava a capacidade de 800 cm^3, justamente a média entre macaco (400 cm^3) e homem (1.200 cm^3). Seria possível conceber melhor traço de união? Uma geração inteira se enlevou na figura do homem-símio de Java: aí estava o "elo que falta", procurado por Darwin, o traço de união entre o animal e o homem, a descoberta mais significativa, no domínio dos fósseis.

Entrou depois o novo século, êste século XX, século tão caprichoso, tão agitado, tão tremendamente produtivo, que operou em quase todos os domínios da ciência e da técnica uma verdadeira Renascença — um século que a humanidade não vê igual desde 1600 e que relegou à sombra até o seu pai famoso o décimo-nono, e lhe arrebatou a glória. Êste século grita ao pitecantropo de Java, tão soberbo e tão único: "Para o canto vassoura! para o canto!" O pitecantropo continua a ser o digníssimo e incontestável traço de união entre o macaco e o homem; já não é, porém, o único, e perdeu a glória de ser *o* traço de união. Já não há *traço* de união; há *traços* de união.

Os chineses são primatas e até primatas de luxo. Na sua raça, se estampam ao vivo, como em nenhuma outra, todos os lados bons e maus do primata. O chinês é o protótipo do esquizóide, das contradições da natureza humana, em razão dos dois cérebros que todos nós trazemos no crânio. Os chineses adquiriram os cérebros recentes maiores e mais bem delineados e, conseqüentemente, apresentam conquistas de primeira grandeza, em todos os domínios da cultura — e da barbárie, do moral e do amoral. Têm o mais rico dos idiomas, a mais bela das escritas; criaram o maior e o mais duradouro dos estados. A sua literatura, o seu humorismo, a sua filosofia, as suas artes na pintura, na indústria têxtil, na poesia, na dança, no teatro, podem rivalizar com a de qualquer povo, na competição internacional. Igualmente acentuada é nêles a amoralidade, a manifestação dos instintos do cérebro primitivo; povo algum evidencia irrefutàvelmente como êles a natureza de primata: instinto gregário, instinto da prole, vida coletiva em clãs, obediência à autoridade do chefe da família, submis-

são servil ao punho do mais forte. Os chineses são desconfiados, como macacos, e crédulos ao mesmo tempo; revelam uma crueldade insaciável que desconhece limites — ainda eram comuns, em princípios dêste século, as execuções públicas prolongadas pelo espaço de quatro dias, durante as quais se arrancava às vítimas, com intervalos de algumas horas, a epiderme tira por tira. Jamais existiu côrte imperial mais absoluta do que a de Pequim. Ninguém podia erguer os olhos para o semblante do "divino" Filho do Império do Meio, Príncipe do Universo — que título, mesmo para um primata: "príncipe do universo!" Em nenhuma côrte emergiram tantos favoritos para tombarem logo em desfavor, envenenados, assassinados à traição. Em parte alguma se urdiram tantas cabalas, se teceram tantas intrigas; nem se acumularam tesouros roubados e bens extorquidos ao povo, como nesses paços onde uma camarilha simiesca, sòlidamente organizada, guardava o "paxá", segregado do mundo exterior, velando zelosamente, suspeitosamente, pelo seu poder; isto é: pelo prestígio da "clique". Nunca houve alhures tantas revoluções palacianas nem guerras civis tão sangrentas como as da China: primatas de luxo! Pertence aos característicos de primata o gôsto, que nós chamamos "pueril", das momices, dos papéis e das roupagens coloridas, dos leques, dos guarda-sóis, das mascaradas, das procissões em que se marcha à luz de lanternas ou de tochas, fazendo barulho com instrumentos primitivos, como címbalos e trombetas. Os primatas gostam de barulho, porque são medrosos por natureza e o ruído afugenta o mêdo. Brincam de bom grado com o mêdo e gostam de assustar os outros, ou de se fingirem assustados. Por isso a própria garotada disfarça-se em "homem prêto" ou em "animal feroz" e corre pela casa com um cobertor na cabeça, empunhando facas besuntadas de tinta vermelha. Os chineses receiam os reptis, como os primatas. Por isso carregam pelas ruas, nas procissões, em armadilhas gigantescas, dragões a cuja vista fingem horripilar-se. Para se imunizarem contra êles, os comem aos pedaços — o absurdo tìpicamente totêmico, ao qual cabe um papel tão importante no canibalismo. Come-se o coração do inimigo, para conjurar o espírito do assassinado que perseguirá os seus adversários do Além. Siegfried banhou-se em sangue de dragão, para se armar contra os dragões. "Dentes de dragão" constituem um remédio muito apreciado na medicina chinesa. Dentes de dragão é coisa que não existe; mas, como os chineses querem dentes de dragão, em tôda farmácia chinesa há uma caixa de dentes de dragão. Os estrangeiros costumam adquiri-los como curiosidade. Em 1903, um viajante trouxe alguns e mostrou-os a um antropólogo sueco. Êste os identificou logo como dentes de mamíferos extintos. Entre êles, havia um dente que só podia provir duma raça humana; não, porém, duma das raças conhecidas. Foi para o sábio uma sensação, como se levássemos a um mercador de diamantes de Antuérpia um diamante do tamanho dum punho fechado, originário do deserto de Gobi. Das pesquisas resultou que êsse dente provinha duma furna próxima de Pequim. Ali se encontraram as partes supe-

riores de dois crânios semelhantes ao do homem-símio de Java. Faltavam recursos para explorar convenientemente a caverna. Só quinze anos depois, uma expedição a pesquisaria, retirando camada após camada — um trabalho que durou dez anos. Mas valeu a pena. Encontraram-se restos pertencentes a cinqüenta indivíduos. Reconstituíram-se quase inteiramente quatorze crânios análogos ao do pitecantropo. O "Sinanthropus pekinensis" — como o denominaram — é presumìvelmente alguns cem mil anos mais antigo do que o pitecantropo de Java. Devia ser mais alto; ao contrário daquele, já apresentava um queixo e era dotado dum cérebro sensìvelmente mais volumoso. Logo, já antes do pitecantropo existiram raças superiores!

Mas a caverna dos dragões de Pequim forneceu-nos mais do que os ossos dum segundo homem-símio, porque era um cemitério. Êsse homem-símio que viveu há um milhão de anos praticava o culto dos mortos. O método segundo o qual enterrava os seus defuntos revela-nos que êle meditava sôbre a morte. Encontraram-se esqueletos de homens, mulheres e crianças, uns ao lado dos outros — donde é lícito concluir que um clã inumava ali os seus mortos. Os crânios estavam rachados. Presume-se que isso ocorresse depois da morte, pois não é de crer que se depositassem cuidadosamente os inimigos abatidos, um ao lado do outro. Talvez — mas isso aparece menos crível — se rachasse o crânio a homens ainda vivos; ou êsses homens-símios eram canibais. Provàvelmente partia-se o crânio aos mortos, por qualquer motivo místico para que a "alma" pudesse evolar-se, ou para ter certeza de que o morto estava morto realmente — ou por qualquer outro motivo ou absurdo de primatas com que a raça humana é tão copiosamente aquinhoada. Positivando-se que se trate de vestígios evidentes de ritual, estaríamos perante o mais antigo documento da história espiritual da humanidade. Não diremos que seja um documento edificante; mas adapta-se bem ao quadro; êsse documento com um milhão de anos de idade é menos deplorável do que a sepultura de massas com crânios fraturados que ainda caracteriza a nossa época. Em conseqüência, o verdadeiro progresso moral interior, desde os pré-adamitas até nós, é pràticamente igual a zero.

4) A variedade dos tipos primitivos: gigantes e pigmeus

Os primórdios duma época são fecundos. Em tôdas as épocas incipientes, aparecem primeiro séries inteiras de tipos. É assim na história dos caracóis e das sibas, como na dos insetos, dos peixes, dos reptis, das aves e dos mamíferos. Assim principia também a da espécie humana; não apoucada e incerta, mas com um verdadeiro turbilhão de criaturas. A história da natureza se desenrola como a do homem criador. O jovem Schiller escreveu entre os quinze e os vinte anos os "Bandidos" e fervorosos versos de amor; o lascivo "Venuswagen" (Carro de Vênus) e simultâneamente dissertações filosóficas — aonde irá dar isto? Goethe compôs o delicado "Heidenröslein" (Rosa silvestre) e o

"Prometeu" iconoclasta, o rude "Götz" e o "Werther" sentimental, meditações histórico-artísticas sôbre a catedral de Estrasburgo e paralelamente estudos de anatomia — onde irá dar isto? Ainda não sabemos. Assim, a história da humanidade também começa com "Sturm und Drang" (Embate e Luta). O tema "homem" oferece variações sem medida e sem finalidade, de modo que hoje, estando no princípio da pesquisa, ainda não podemos formar uma idéia da pré-história da espécie humana. Um pequeno maxilar aqui, um dente enorme acolá, uma calota de crânio chato num hemisfério, outra parte de crânio alongado, noutro lugar. Nenhuma ordem lógica. O mais que se pode fazer é registrar pacientemente e tentar estabelecer a ordem que falta.

O primeiro achado, escavado perto de Heidelberg, vinte e quatro metros abaixo do nível atual do solo, foi um maxilar que deve datar presumìvelmente de quinhentos mil a um milhão de anos. Essa maxila é tão grande, que a poderíamos atribuir à bôca dum boi. Entretanto deve ter pertencido a um homem, porque apresenta dentes tìpicamente humanos, e os dentes do siso acusam até uma tendência para se atrofiarem. Logo, a regressão da dentadura do homem não é absolutamente uma degeneração proveniente da vida civilizada. Começou já antes que houvesse civilização; é cem vêzes mais antiga do que ela. O homem apareceu com a dentadura atrofiada e em vias de se atrofiar. Progresso e retrocesso são, em medida igual, típicos da natureza; e o retrocesso não é de modo algum fenômeno resultante: é um processo normal, por assim dizer baseado no plano de construção e paralelo ao progresso. Na África também se descobriram maxilares análogos, que decerto pertenceram a uma antiga raça de gigantes. Era pouco menor do que a raça de Heidelberg; mas os dentes do siso dos maxilares africanos estavam intatos. Logo, essa raça não pode derivar do "Homo Heidelbergensis", porque um dente atrofiado não torna a se desenvolver. Assim vai a ciência abrindo caminho, às apalpadelas, através dessas descobertas.

Além do homem de Heidelberg e do gigante sul-africano, existiu outro tipo humano que os excedia consideràvelmente em tamanho. A julgar pelos seus dentes, devia ter o dôbro da estatura e da corpulência do gorila — um sujeito de mais de três metros de altura e pêso superior a duzentos e cinqüenta quilos, que naturalmente não caberia nas portas de hoje. Ao pé dêle, Tarzã não passaria dum colegial (Fig. 245). Na Ásia também houve gigantes, quer na China, quer em Java que, então, não devia ser ilha, porque nas ilhas não se desenvolvem formas gigantescas. Em conseqüência, outrora o nosso planêta era povoado, como referem as fábulas e as lendas, de colossos que os gregos chamavam gigantes, que nas lendas nórdicas vivem nos bosques, sob forma de papões, e que a Bíblia menciona como "filhos de Enak". Assim como os primeiros vegetais da terra foram cavalinhas gigantescas, os caracóis primitivos construíam casas do tamanho duma roda de carroça, as sibas tinham cascas pesadas como rebolos, como nas florestas do carbonífero voavam libélulas demasiado grandes para nos

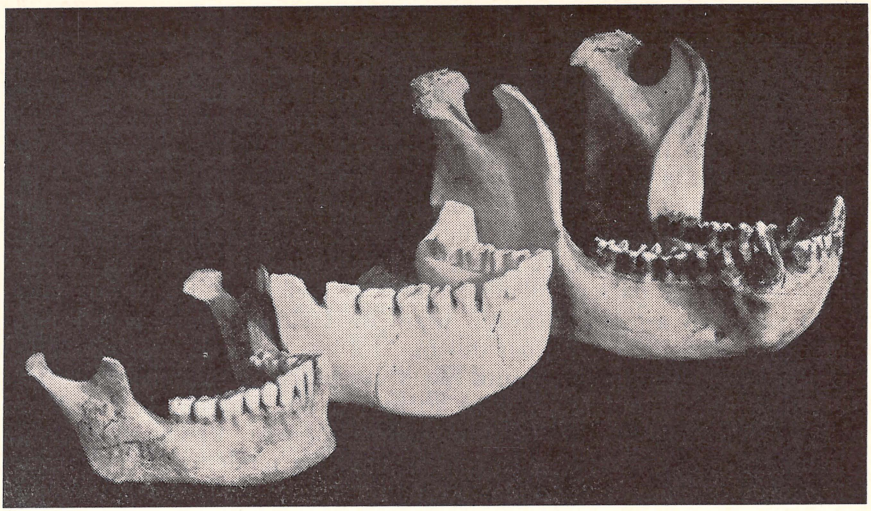


Fig. 245 — MAXILAR INFERIOR DO HOMEM-GIGANTE MEGANTROPO (Centro), comparado ao maxilar inferior do homem hodierno (à esquerda) e ao do gorila (à direita). (Segundo Weidenreich). (Foto do *American Museum of Natural History*, Nova York).

entrarem no quarto pela janela, como os reptis se converteram em sáurios, as aves primitivas no *rock* gigantesco, e os mamíferos em *belichteriuns* e mamutes, assim a espécie humana gerou gigantes nos seus primórdios agitados e impetuosos, no "Sturm und Drang" da sua pré-história. O plasma é uno; a sua história é una, pouco importando que a sua fôrça criadora se expresse em fetos arborescentes ou em amonites, num craca ou no gigantossauro; ou que a personifiquem homens ciclópicos da África do Sul e da Ásia meridional.

5) Há quinhentos mil anos: avoluma-se o cérebro posterior; aparece o bárbaro de Neandertal

Para vermos em justa luz a história da humanidade nos últimos quinhentos mil anos, consideremos o que sabemos do curso dos últimos cinco mil. Não se nos deparará nenhuma linha. Não existe "história da humanidade", no sentido dum progresso constante de baixo para cima. Vemos, porém, uma série de histórias de nações isoladas; tanto que, em vez de "história", seria mais acertado dizer "histórias" da humanidade. Aí temos, por exemplo, a civilização chinesa, com a sua história peculiar que quase não foi influenciada pelo mundo exterior nem exerceu influência notável sôbre êle. Ninguém tomou muito conhecimento da civilização chinesa, de repetidas alternativas de progresso e retrocesso. Aí temos a história do Egito, que se desenrola

completamente adstrita a si mesma; ao lado dela a dos súmeros e da Babilônia; depois a de Creta, depois Atenas e Esparta; mais tarde, a de Corinto — cada uma delas uma história em separado. Na Itália, se nos deparam primeiro os etruscos, em seguida os romanos; quinze séculos após a queda de Roma, a história, peculiar e limitada a si própria, da Renascença italiana. Ao lado destas, séries doutras "histórias": os fenícios, os cartagineses, os normandos; o império do Islã: os sarracenos, os mouros, os turcos; as civilizações pré-colombianas da América: maias, incas, astecas... Não há história da humanidade em que se nos evidencie uma lógica em ação; em seqüência de causa e efeito, nenhum progresso como nos habituaram a concebê-lo. O que vemos são civilizações que nascem e florescem como as flôres dos prados: primeiro o açafrão e as tulipas; depois malmequeres, dentes de leão, campânulas. Cada espécie vai desaparecendo por seu turno. E não se percebe uma continuidade.

Se observarmos a história nacional de cada país, veremos nela a imagem sintética do todo. Nenhuma evolução lógica, nenhum progresso de baixo para cima, nenhuma herança de antepassados a pósteros, mas uma série de épocas, independentes umas das outras. A história do Egito: uma sucessão de dinastias com altos e baixos. A história da Grécia, uma série de épocas: a de Homero, a dos pré-socráticos, a de Péricles e finalmente a época alexandrina — nenhum motivo lógico para se iniciarem, tampouco para se encerrarem; nenhuma razão de ser, senão a alegria de ser. E tôda nação, tôda época tem o seu estilo próprio, um estilo que nunca houve nem se repetirá. Para têrmos uma idéia do curso da história total da humanidade, que até hoje abrange mais ou menos um milhão de anos, faz-se mister projetar nela o quadro familiar dos últimos cinco milênios. Aí também, nenhum "fio vermelho" para servir de guia; nenhuma evolução de baixo para cima, nenhum princípio plausível, nenhuma finalidade clara. Não se descobre nenhuma razão para que uns hajam prosperado aqui, outros acolá, êstes primeiro, aquêles mais tarde. É por isso justamente, que os descobridores de terras desconhecidas até então, ou os arqueólogos nas escavações, toparam contìnuamente com civilizações inesperadas, como os mineiros com filões de ouro. Libertemo-nos da idéia de que o pêso do cérebro aumentou de contínuo e, com êle, a inteligência que, a princípio insignificante, depois mediana, deu finalmente as raças superiores; percorramos a história como um museu em que vemos aqui uma grande obra de arte, adiante uma miniatura, nesta sala um estilo, naquela o estilo oposto. As qualidades, porém, estão esparsas sôbre o todo; e os "primitivos", além de não serem absolutamente os piores, são em todo caso melhores do que os "decadentes" do fim.

Pouco sabemos acêrca da primeira metade do nosso milhão de anos, porque o gêlo dos períodos glaciários, alastrando-se na paisagem, apagou os vestígios das épocas anteriores, como a borracha apaga um desenho no papel. A terra é um palimpsesto, um pergaminho escrito, raspado, escrito de novo: cada período glaciário equivale a uma rasura.

Quatro vêzes, no último milhão de anos, avançou o gêlo boreal do pólo norte e o gêlo das altas montanhas. Cada período glaciário durou cêrca de cem mil anos, entremeando-se entre êle e o seguinte um intervalo de duzentos mil anos (Fig. 243).

É óbvio que os períodos glaciários exerceram poderosa influência no curso da história da humanidade. Na terra tôda, vegetais, animais e homens puseram-se decerto em movimento, deslocaram mùtuamente os seus espaços vitais. Civilizações inteiras talvez hajam desaparecido, sepultadas e trituradas sob o gêlo do primeiro, do segundo ou do terceiro período glaciário. Só em cavernas restam vestígios dessas civilizações. Em meio da seqüência dos períodos glaciários, apareceu uma raça grosseira e combativa, que se propagou largamente e recebeu a denominação de raça de Neandertal. Justamente quando Darwin escrevia a primeira obra científica sôbre o problema do homem préhistórico, descobriu-se num vale ribeirinho do Reno, perto de Düsseldorf, o vale de Neandertal, um crânio humano cuja forma difere nìtidamente da do crânio do homem hodierno (Fig. 246, 2): um crânio com um cérebro volumoso, maior do que o nosso; falta-lhe, porém, a testa alta. Em lugar dela, duas saliências abauladas encimam os olhos; a parte posterior do crânio é, pelo contrário, exageradamente volumosa. Embora pouco saibamos por ora sôbre as suas funções, o cérebro frontal passa por ser a sede das elevadas qualidades intelectuais e morais; em conseqüência, os escritores, os pensadores têm cérebro de escritor ou de pensador. No cérebro posterior presume-se que estejam situados os instintos animais da sensualidade, da rapacidade, da astúcia ardilosa; e freqüentemente se observa em criminosos a hipertrofia dessas esferas. Estando as funções assim distribuídas, o pêso do cérebro não é medida da qualidade do seu portador. Há cabeças eminentes com cérebro pequeno; e há possuidores de crânios enormes, destituídos de talento. O que importa não é a quantidade e sim a qualidade de cérebro que o homem traz no crânio; só quando ambas são consideráveis, há probabilidade do portador dêsse cérebro praticar feitos extraordinários. O homem de Neandertal possuía um cérebro volumoso e, apesar disso, não passava dum bárbaro, porque o seu cérebro posterior era grande e o frontal, diminuto. O homem de Neandertal foi um braquicéfalo. Não inventaria decerto o jôgo do xadrez; poderia inventar o suplício de escalpar. O seu queixo — o queixo é um característico especìficamente humano — era pouco pronunciado. Os dentes, em vez de serem perpendiculares, projetavam-se em linha oblíqua para a frente. O pescoço curto, a nuca forte, as costas arqueadas, as pernas tortas, os pés grandes, completam a imagem dêsse ser que provàvelmente se esgueirava manhosamente pela floresta. Em tôdas as suas efígies, sobressai, como característico do homem de Neandertal, mal encarado à sombra das sobrancelhas espêssas, a saliência dos arcos superciliares. Mas a prova de que devemos ser prudentes na avaliação de característicos isolados, é o fato de toparmos na vida com um número considerável de indivíduos com tra-

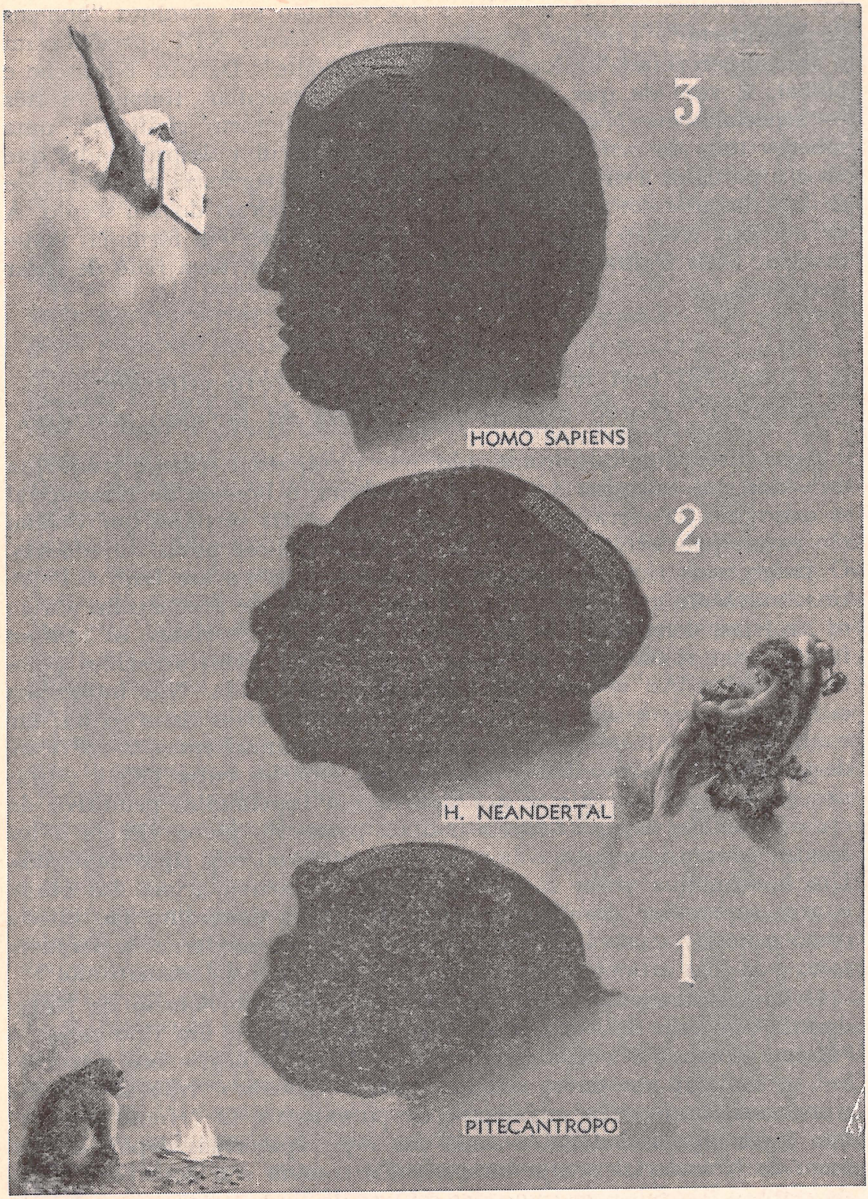


Fig. 246 — A HISTÓRIA DA EVOLUÇÃO DA ESPÉCIE HUMANA não se desenrolou no rumo da bestialidade para a humanidade; o homem-símio era, como todos os símios superiores, uma criatura de boa índole; dêle derivou, provàvelmente pela influência nociva da caça aos animais, o homem bestial de cérebro posterior volumoso e astuto, o "bárbaro" da pré-história; e dêste evolveu lentamente, graças ao desenvolvimento do cérebro frontal, o tipo do homem moral, que ainda não triunfou completamente. O pitecantropo (1) não tinha nem cérebro frontal nem cérebro posterior. No homem de Neandertal (2) avolumou-se o cérebro posterior. No homem moderno (3) desenvolveu-se o cérebro frontal.

ços tìpicamente neandertalóides e que não são em absoluto "homens de Neandertal". Três dos grandes sábios do século XIX apresentavam o arco superorbital "tìpicamente neandertalóide": Darwin, Nietzsche e Nobel. É verdade que, acima dêsse arco superciliar, tinham os três — especialmente Nietzsche — a fronte do homem civilizado, uma soberba testa de pensador. Entretanto o observador desprevenido, que visse o perfil de Darwin ou de Nobel, nunca imaginaria ter diante de si dois dos maiores animadores intelectuais e morais do seu século. A vida é uma criação artística; não se deixa prender em fórmulas matemáticas. Mais fàcilmente se deixaria apanhar com uma rêde de caçar borboletas.

6) Há cem mil anos: cresce o cérebro anterior; aparece o "Homo sapiens", o homem do período glaciário

Após o seu domínio prolongado, que ultrapassou cento e cinqüenta mil anos e se estendeu da Espanha à China, o homem de Neandertal se extinguiu há cêrca de cinqüenta mil anos. Os vestígios que deixou são raros, pois evidentemente êle produziu poucas obras duradouras. O jazigo mais rico de "neandertalenses" forneceu-o até hoje a Palestina, numa das grutas do Carmelo, onde mais tarde procuraram abrigo os profetas, defendendo-se dos seus próprios compatriotas, os rabinos fugindo aos romanos e, no nosso tempo, os cidadãos acossados pelos bombardeios. Ali se descobriu a fogueira já citada. Nos numerosos estratos de eras glaciárias e períodos intermediários dessa gruta, encontraram-se também restos de esqueletos humanos: embaixo os neandertalenses, por cima dêstes, graus intermediários entre êles e outras raças, de modo que ali se nos depara um testemunho primitivo do cruzamento de raças. Também noutras partes do globo vieram à luz formas de transição entre o homem de Neandertal e os tipos modernos. Um homem que viveu na África do Sul apresenta, acima dos olhos, o arco superciliar neandertalense; mas tinha a dentadura tão miúda como a nossa; acusava sintomas da nossa doença moderna: a paradentose; e as suas articulações denotam que êle sofria de reumatismo.

O homem moderno não é descendente direto do homem de Neandertal. Um belo dia, sem razão plausível, apareceu um tipo novo: o "Homo sapiens". Na Ásia o mongol; na África, o negro; nos mares do Sul, o malaio; nas terras setentrionais, o caucásico. Não se procure tronco originário; não se indague de parentescos. O "Homo sapiens" não é um tipo isolado; é a suma das raças aparecidas depois do homem de Neandertal e cujo característico comum é o desenvolvimento do cérebro frontal, bem como dos centros da linguagem articulada. Na figura 246, estão reunidos os três tipos: homem-símio, homem de Neandertal e "Homo sapiens". Não é uma árvore genealógica; é uma justaposição, para evidenciar as diferenças. O homem de Neandertal era dotado de cérebro posterior; o "Homo sapiens" é dotado de cérebro

frontal. O homem de Neandertal matava os seus inimigos e provàvelmente os devorava; no "Homo sapiens" emergiu esta idéia: "Não matarás".

A história do "Homo sapiens" começa como a de tôdas as espécies. Logo no comêço, um espécime de luxo que, em razão do sítio onde foi encontrado, no sul da França, recebeu o nome de homem de Cro-Magnon. Era êsse homem pouco mais alto e robusto do que nós, com cérebro mais volumoso do que o nosso — um cérebro característicamente frontal, como o seu portador era um homem pronunciadamente civilizado. Os restos que êle deixou em cavernas do sul da Europa, onde evidentemente se refugiou nos períodos glaciários, são provas de gôsto e talento educado de tal quilate, que assombraram os técnicos e abalaram como um terremoto a nossa filosofia da história e a nossa história da arte então vigentes (Figs. 247 e 248). A história da arte não é, como se proclamava pelo ano de 1900, uma sucessão de escolas mais e mais treinadas e perfeitas, desde as estátuas "hirtas" dos egípcios até à espiritualidade dos sonhos que Rodin concretizou na pedra; não começa com as máscaras negras primitivas, para se resolver nas cenas sombreadas de Rembrandt ou nos efeitos de colorido dos impressionistas. A história da arte é, como sua mãe, a natureza, uma seqüência de flores, de épocas florescentes isoladas. O homem de Cro-Magnon, que pintou o búfalo da figura 93 do volume I, é o representante da primeira era de arte que se registrou na nossa região do mundo, desde o último período glaciário, a última das quais foi a Renascença e a penúltima, o gótico. Noutras regiões: China, Melanésia, América precolombiana, também houve épocas análogas, porque é da natureza da arte florescer aqui e acolá, hoje ou depois de amanhã; ninguém pode chamá-la nem ordenar-lhe que fique. A arte vem; a arte vai-se, verdadeira essência do plasma, natureza da natureza que cria do "nada" e faz reverter ao "nada", eterna produtora e eterna destrutora do universo.

Quem era o homem de Cro-Magnon? Um asiático. Admite-se atualmente que êle proviesse dos planaltos do Irã. Na caverna multiestratificada do Carmelo, os homens de Neandertal estão nas camadas inferiores; os de Cro-Magnon, nos estratos superiores. A origem asiática revela-se na saliência das maçãs do rosto. O homem de Cro-Magnon devia parecer-se com os mongóis dos nossos dias — que não se denominam injustamente "povo do Meio" — porque foi da Ásia central que o homem de Cro-Magnon se propagou para oeste até aos Pireneus, a leste do Alasca, até à América do Sul onde foi provàvelmente o fundador ou co-fundador das civilizações ameríndias. Pelo que nos é dado presumir até hoje, estas civilizações remontam a épocas muito mais antigas do que se acreditava até agora. Entre os raros legados dos maias, figura o famoso calendário de pedra, obra-prima nesse gênero de cálculo, criada para medir o tempo num espaço de quarenta mil anos. Que consciência do próprio valor se expressa no gesto dum povo que organiza um calendário para registrar os dias de quarenta mil anos! De que história não será precedida essa criação, antes que um

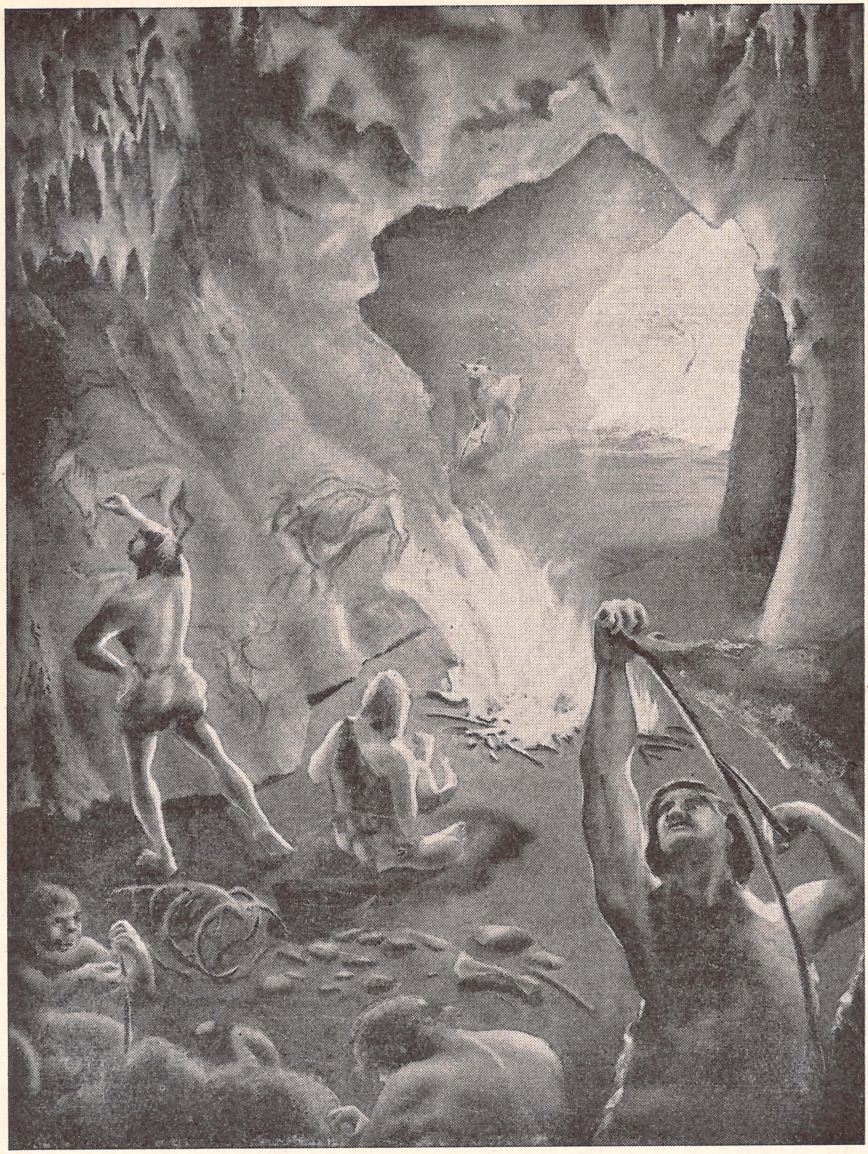


Fig. 247 — A CAVERNA DO PERÍODO GLACIÁRIO POR DENTRO, e o primeiro alvorecer da civilização moderna: o homem do período glaciário pinta os primeiros frescos de história da arte.

Fig. 248 — CAVERNA DO PERÍODO GLACIÁRIO POR FORA. Enquanto, no interior, os homens praticavam as artes da civilização pré-histórica, do lado de fora os grandes mamíferos, que até aí haviam sido senhores do globo, pereciam de fome e de frio.

povo desenvolva a astronomia e a arte de calcular a tal ponto que os seus sábios e artistas se possam reunir, para oferecer ao seu rei êsse presente em qualquer jubileu oficial! Decorreram aproximadamente uns quarenta mil anos, desde que os homens da raça de Cro-Magnon desapareceram das cavernas das regiões do Mediterrâneo, varridos pelo assalto de novos tempos e doutras raças. Pouco sabemos quer dos maias, quer dos homens de Cro-Magnon. Mas a fantasia está sempre pronta a urdir os seus fios e a envolver o globo numa teia de relações prováveis. Todavia, muito há que tecer ainda, antes que se possa formar — se é possível — com os emblemas "Vênus de Wielendorf" e "Búfalo de Altamira", os dragões dos chineses e o calendário de pedra dos maias um tapête de quadros da pré-história.

7) As raças da Atualidade

Extinto o homem de Cro-Magnon — que, à semelhança dos demais tipos de civilização, surgiu e desapareceu como um fantasma — iniciou-se um período de cêrca de dez mil anos que, embora não seja inteiramente vazio, deixou poucos vestígios, e sôbre o qual ainda hoje pouco podemos dizer. Depois, há mais ou menos dez mil anos, raiou a "atualidade"; aí vemos cada um dos grandes continentes povoar-se duma raça peculiar: a Austrália, a Nova Zelândia, a Nova Guiné, as ilhas dos mares do Sul, Ceilão, de restos de raças evidentemente muito antigas, restos tão insignificantes que não se salientam entre as populações atuais; na Ásia, propagou-se a "raça amarela", os mongóis; na Europa e nas regiões asiáticas limítrofes, a "raça branca" ou caucásica; na África, a "raça negra", os negros; na América, a "raça vermelha", os índios. Esta classificação geográfica é a mais simples e, portanto, a melhor, porque até hoje nada sabemos das relações pré-históricas dessas raças, admitindo que elas hajam existido — o que não é provável. A etnologia é um terreno de hipóteses descabeladas, nenhuma das quais merece que desperdicemos tempo com ela, a não ser que o façamos pelo gôsto de ver o espírito humano urdir fábulas. Malograram-se tôdas as tentativas de fundamentar a origem das várias raças. Ninguém sabe por que os negros da África são pretos; a causa não pode ser o calor do trópico pois, neste caso, o globo terrestre se cingiria dum cinturão de negros, o que não é o caso. Ninguém sabe por que os chineses têm cabelos lisos, ao contrário das carapinhas lanosas dos negros. Ninguém sabe por que os povos setentrionais têm o nariz reto e as raças índias, nariz aquilino; ou por que o corpo dos caucásicos conserva pêlos mais abundantes — Esaú nasceu com "pêlo" — enquanto outras raças os perderam e, conseqüentemente, se distanciaram do animal mais do que os brancos que, tão de bom grado, se intitulam "raça superior" — o que, de resto, lhes foi possível até agora, porque só êles se ocupavam de ciência étnica. É fácil prever o que se nos prepara, neste domínio, ouvindo a ciência étnica dos filipinos: "Ao criar

o homem, o Senhor o atirou ao forno, para o cozer. O primeiro, mal assado, corou apenas e foi o homem branco; o segundo assou demais; ao sair do forno estava negro. Só o terceiro foi bem sucedido: o que ficou duma bela côr tostada, isto é, o filipino".

Não há a menor dúvida: certos fatôres, que influem na formação de raças, estão em ação mesmo nos nossos dias. Se removermos homens da montanha para a planície, êles se tornam mais altos; estabelecendo nas regiões meridionais espécimes humanos de raças de alta estatura das regiões nórdicas, êles se tornam mais baixos. Os escandinavos e os canadenses sempre serão os melhores campeões de hóquei no gêlo, graças ao comprimento dos seus braços e das suas pernas; como os franceses e os italianos sempre conquistarão prêmios em concursos hípicos, pois o seu corpo leve sobrecarrega menos o cavalo. Europeus claros, radicados na Ásia oriental, ao têrmo dalgumas gerações estão mongolizados. O bôer holandês da África do Sul tem as nádegas volumosas do hotentote. Na América do Norte, a tendência é para a indianização; e, para quem tiver ensejo de ver a galeria dos presidentes americanos e dos seus colaboradores, não deixará de ser impressionado pelo cunho ameríndio dessas fisionomias. Agem na humanidade fôrças plasmadoras de raças; mas até hoje estamos inibidos de soldar a cadeia de causa e efeito... "Eis que êle tem nas mãos as partes tôdas. Falta-lhe infelizmente só o laço espiritual". O melhor será articular o aparecimento das raças humanas com o das raças dos reinos vegetal e animal; e dizer que as raças apareceram, porque o plasma é criador. Assim como nasceram os felinos, sem motivo nem possibilidade de explicação — aqui o puma negro, acolá o leão amarelado, alhures o tigre listrado e a pantera mosqueada — assim como as flores são rosas ou violetas sem qualquer "finalidade", assim a "gens humana" é criadora durante a quaternária, e dela emergiram as várias raças. Sem, Cam e Jafet... "Ide, sêde fecundos e multiplicai-vos..." Isto não vale mais do que tôdas as teorias que, aliás, não passam de fumaça, de exalação de crânios humanos?

8) As raças tornam-se povos

Se escavarmos dez metros abaixo do nível do solo e encontrarmos o esqueleto dum homem, êle pertence a uma "raça". Diremos que êsse esqueleto é o dum pitecantropo, ou dum espécime humano da raça de Neandertal. Se limitarmos a escavação a dois metros de profundidade, toparemos com esqueletos da época de Roma e diremos que são alemanos ou romanos. Já não se fala de raças mas de povos. Entre raça e povo, existe uma relação, como entre a farinha e o bôlo, a tinta e as pinturas. Raça é a matéria prima em que se plasmam e cozem os povos. Povo é o fenômeno histórico em que raças dantes não históricas assomam ao tablado da história. O que emerge no horizonte: mongóis, tártaros, hunos, germânicos, beduínos, bantus, são raças — tipos

relativamente homogêneos dum plano anatômico primitivo. Penetrando nos domínios culturais da civilização, essas raças perderam o seu caráter de raça: com efeito, no curso típico da história, se amalgamaram com as populações de terras invadidas. Em geral, assimilavam o idioma e muitos outros elementos do estilo de vida dos vencidos; daí derivava uma fusão cultural que se denominou "povo". O processo não se resumiu na fórmula simples: Vencedor + Vencido, de maneira que se nos deparassem só dois elementos; quase sempre as invasões se sucediam periòdicamente, onda após onda; ou à irrupção se seguia uma afluência ininterrupta de estrangeiros. Em conseqüência, o resultado do cruzamento de raças não é constante. A melhor história dum povo é a que forneceu a Bíblia, com a relação franca, sem camuflagens, do aparecimento e da história fatídica duma nação pequena e, geogràficamente bem circunscrita. Inicia-se essa história com a imigração dum clã babilônio da Caldéia, que se cruzou com cananeus (de procedência racial ignorada); chetitas (armênios) e beduínos. Os descendentes dessa amálgama cruzaram-se mais tarde, sob variados fados, com egípcios, fenícios, babilônios, filisteus cretenses; tornaram-se então uma nação homogênea cujo caráter racial não se alterou essencialmente, apesar dos sucessivos cruzamentos ulteriores com gregos, romanos, árabes, espanhóis, germânicos, polacos, russos — exemplo marcante do predomínio inquebrantável de certos gens raciais num povo.

De maneira igualmente movimentada, se bem que menos documentada, decorre a história da maioria das outras nações. Dentre os povos modernos é duma evidência empolgante a história racial da Inglaterra: há quinze mil anos, sôbre uma raça primitiva muito antiga, se implantou uma raça mediterrânea. Mais tarde, os mesmos filisteus cretenses, que invadiram a Palestina, colonizaram as ilhas inglêsas. Eram uma raça notável de homens de alta estatura, cabelos pretos, olhos azuis e nariz aquilino. A idade do bronze marcou o advento de "John Bull". Pouco depois, sobrevieram os dináricos, isto é, os "sérvios", exatamente o oposto do tipo "Bull": homens esbeltos, morenos, de traços finos e cabeça pequena. Só nos últimos dois mil anos chegaram da França os celtas, da Escandinávia os dinamarqueses, os wikings, os normandos; da Germânia, os anglos e os saxões atualmente reputados os inglêses de "sangue puro". Na realidade, porém, constituem simplesmente a última camada de imigração e são hoje tão predominantes sòmente por formarem o equivalente do "glacé", do revestimento de açúcar duma torta, a coberta sob a qual se amalgamaram em povo elementos de tôdas as raças mais antigas. Daí o aparecimento esporádico, em quase tôda família inglêsa, dalgum tipo "estranho", que na realidade é puro autóctone, verdadeiro "memento" feito carne de épocas e raças esquecidas. Shakespeare, inegàvelmente o mais notável dos inglêses, era um tipo absolutamente não-inglês, com caracteríticos incontestàvelmente meridionais.

O exemplo mais recente, na história universal, de formação dum novo povo é o que nos oferece a América, onde se amalgamam repre-

sentantes de todos os povos da Europa: os descendentes dos peregrinos britânicos e dos imigrantes holandeses, com irlandeses, polacos, tchecos, judeus, italianos, gregos, armênios. Graças à comunidade de terra, de língua, de modo de vida, essa mistura está em vias de constituir uma das unidades a que se dá o nome de povo. Povos são grupos humanos formados da mescla de várias raças, unidos geogràficamente pela comunidade de terra uniformizados pela influência unificadora da região, do clima, do sistema de vida e que, graças aos benefícios da civilização, quais a religião, o idioma, bem como por obra de educação homogênea no que concerne ao modo de pensar, aos conceitos morais e aos ideais, a pouco e pouco se vão diferençando e timbram conscientemente em se diferençar doutros agrupamentos humanos. A participação das raças, no total da moderna população branca americana, corresponde às quotas seguintes: um têrço, da mediterrânea; um quarto, da alpina; um quinto, da nórdica; um décimo, da céltica; um décimo, da dinárica. Daí o aparecimento freqüente e simultâneo, na mesma família, de três e até quatro tipos raciais diferentes. Povos são grupos históricos e sociológicos que já não se podem medir por meio de conceitos anatômicos. Estando Goethe no Ossário, perante vários crânios humanos, teve a ilusão de que um dêles "resplandescesse mais do que os outros" e assim o apostrofou em verso: "Ó tu, receptáculo misterioso, dispensador de oráculos, serei eu digno de te segurar na mão?" Mas êsse crânio — agora o sabemos — não era a caixa craniana de Schiller, e sim o crânio dum padeiro.

Nos túmulos do Père-Lachaise, jazem esqueletos de raças de tôda sorte: gauleses e celtas, germânicos e bascos; alpinos e dináricos; mestiços da Berberia e "quadrarões" da Indochina, uma variedade que, anatômicamente, só pela percentagem difere dos esqueletos nos cemitérios de Viena ou de Madrid. O que distingue o homem moderno como característico essencial já não é o comprimento do braço, a curvatura do fêmur, o tamanho dos dentes, a capacidade da caixa craniana: é a essência cultural da camada cortical do seu cérebro. Já não se pergunta: "Êle era cabeça chata ou crânio longo, louro ou moreno?" Pergunta-se: "Que tinha êle gravado na sua camada cortical? Como pensou, como sentiu, como amava e como agia essa camada cortical?" Se pudéssemos ler, nos cérebros dos defuntos, o "long-playing" que a vida gravou nêles, poderíamos dizer dos mortos do cemitério de Montmartre: Êstes foram franceses. Êste homem falou francês; riu-se assistindo às peças de Molière; leu Balzac. Era dotado de senso humorístico gaulês e de natureza frívola, como sempre o foi a do parisiense. Essoutro, aí ao lado, era escocês que morreu aqui em viagem. Muito diferente dos parisienses que o cercam, jaz entre êles como um melão numa loja de flores. Povos são raças de camada cortical; é muito mais importante saber quem eram os teus antepassados intelectuais, os teus irmãos morais, os teus camaradas artísticos do que perguntar se teu avô tinha nariz reto ou aquilino.

9) O homem moderno, à luz da ciência natural

No princípio e no fim de qualquer ciência está a fórmula. Com as leis planetárias de Kepler se iniciou a investigação científica do sistema solar; com as leis de Newton sôbre a atração dos corpos, a "mecânica celeste"; das leis da eletricidade derivou a era da electrotécnica; com as fórmulas de Einstein sôbre massa e energia, e a teoria dos "quanta" de Planck, marcou-se o início da era da Física moderna.

Nas ciências dos sêres vivos não é com leis e sim com teses que operamos. Também estas, porém, são a base indispensável de que a pesquisa necessita para construir. Já o primeiro que estudou a hereditariedade chegou às regras de Mendel; e o dia dessa descoberta é a data do nascimento da Lei da Hereditariedade. Com a sentença "Omne vivum e vivo", "Tôda vida deriva da vida", descobriu-se o princípio fundamental que pôs têrmo a tôdas as fantasias então vigentes e que é lícito atribuir a um equívoco de Aristóteles. As rãs não nascem do lôdo; as codornizes não caem do céu; deixamos de matar bois a pauladas, para tirar abelhas da sua carne em decomposição: "Omne vivum e vivo". Eis formulado enfim com clareza o conceito da existência; a êste seguiram-se os conceitos "árvore genealógica" e "história da evolução". Com o preceito de Pasteur: "As doenças contagiosas propagam-se pela transmissão dos germes", criou-se o conceito "doença contagiosa" e se empreendeu a caça aos bacilos, que libertou o planêta das epidemias.

Também para o homem se acharam fórmulas análogas. O próprio Lineu, embora se ativesse com fé inquebrantável à história bíblica da criação, viu-se forçado a emparelhar o homem com o símio. Mas, enquanto êle não ia além de confessar que "o homem tem a estrutura dum primata", um século depois Darwin chegava à fórmula: "O homem é um primata". Da semelhança assombrosa com os antropóides, Darwin deduziu um parentesco próximo com êles. Sabemos hoje — aí está a segunda fórmula — que o homem não é um símio nem um antropóide; é um primata de tipo peculiar, um ramo que brotou há muito, antes que existissem os símios atuais, quase à raiz da árvore genealógica dos primatas. Nós não somos macacos; se o fôssemos, não estaríamos aqui sentados a ler. Os macacos não imprimem livros. Nem hoje nem em tôda a eternidade.

Os primatas acusam alguns traços primitivos comuns; são os que nós denominamos "simiescos". E a terceira fórmula reza: "Há no homem, não obstante a sua evolução superior e isolada, característicos nìtidamente simiescos". Êsses característicos se evidenciam mais quando o homem se "põe à vontade" ou está alcoolizado, quando faz parte de grande massa ou quer desmentir conscientemente a sua natureza simiesca: os homens drapejando-se em dignidade; as mulheres exagerando o "chic". Homem algum parece tão amacacado como um "dignitário" em grande pompa.

Os símios são, na maior parte, animais gregários. Os antropóides, pelo contrário, vivem individualmente. O homem, situado na árvore genealógica entre as duas espécies, traz em si os característicos de ambas. Daí a quarta fórmula: "A espécie humana divide-se em dois tipos: animais gregários e indivíduos independentes".

A fórmula "gregários e indivíduos" esclarece o estranho aspecto biforme da história humana onde sobressaem do fundo da massa anônima, da pretensa "história dos povos", as biografias de personalidades isoladas, como pontos de prata num damasco.

A massa tem por seu turno as suas fórmulas próprias, estudadas antes de tudo com grande inteligência e bem expressas pelos franceses, como por exemplo aquela segundo a qual tanto a clareza de raciocínio quanto as inibições do homem civilizado diminuem em proporções matemáticas com o aumento do número dos participantes. Estão aparentemente em jôgo fôrças afins ao magnetismo para "eletrizar" a massa e fascinar o indivíduo, de modo que êle aplauda quando a "claque" bate palmas; corra quando, numa hora de "pânico", todos fogem; ajoelhe, quando os demais dobram os joelhos; e até, por uma causa que não o interessa absolutamente, marche com "entusiasmo" para a morte. O orador que, do alto da tribuna, em moldura suntuosa (simiesca) fala à multidão, consegue em meia hora, de dez mil pessoas reunidas, o que não obteria dos indivíduos em dez mil anos.

A fórmula seguinte: "Já que o procedimento do rebanho obedece a determinadas normas, repetem-se na história, como fatos típicos, determinados acontecimentos." No princípio está o clã; nos primórdios da história bíblica o clã de Abraão; o dos latinos, na história romana; o dos peregrinos, na história da América do Norte. Os clãs são rivais, precisam de terra e de alimento. Daí em tôda a história as "discórdias fraternas"; Abraão e Lot; as cidades-estados gregas; as tribos germânicas; os duques franceses, as cidades italianas e as eternas contendas e guerras com intrigas, traições de vassalos e regicídios, imortalizadas pelas tragédias, ou melhor: pelos dramas horripilantes de Shakespeare.

Segue a fórmula: "Os animais gregários são medrosos, cobardes, não se dão ao trabalho de pensar, não querem assumir responsabilidade". "A maioria dos homens — escreveu Bertrand Russel — prefere deixar-se matar a pensar. A história o atesta". O clã subordina-se a um patriarca (Abraão); a tribo a um chefe como Moisés, que lhe dita a moral tribal. Tornando-se sedentárias, as tribos escolhem um rei; e no fim há sempre um tirano: Herodes, Calígula, Ivã, o último sultão Abdul al Hamid ou a última Imperatriz da China. Durante essa evolução, que não pode encobrir o seu caráter biológico, aparecem as guardas do corpo, os exércitos, a burocracia, as religiões de estado, as classes sociais, os ricos e o proletariado; e, no fim, o todo estoura com um fragor: a revolução.

A fórmula que se segue é a luta entre o rebanho e o indivíduo. "A "maioria compacta" — como Ibsen denominou o rebanho — opõe-se ao indivíduo. O bando não gosta de individualistas nem êstes sim-

patizam com o clã. Irrompe inevitàvelmente a hostilidade. O indivíduo, mais fraco, recua — "odi profanum vulgus et arceo"; se empreender a luta, sucumbe.

O insensato, que, incapaz de guardar fechado o coração, mostrou à plebe o seu sentir, a própria opinião, sempre foi crucificado e queimado". Êle acabou no fundo duma cisterna, como Jeremias e João Batista; teve de galgar a via dolorosa das encostas do Gólgota, o "Morro da Caveira"; viveu desterrado em ilhas do Mediterrâneo, como foi sina dos livres pensadores da Grécia antiga; deram-lhe para beber a taça de veneno, como a Sócrates, ou acusaram-no de sacrilégio, como ao divino Fídias. Dante foi exilado; Leonardo da Vinci emigrou para o exterior; lançou-se a excomunhão a Spinoza; a Inquisição perseguiu Descartes; Giordano Bruno pereceu na fogueira; Oscar Wilde compôs "De Profundis", na casa de correção de Reading. Voltaire vivia pronto para a fuga, em Ferney; Heine, em Paris; Byron e Shelley, na Itália; Marx, em Londres; Vítor Hugo, na Ilha de Guernesey; Máximo Górki, em Capri; Nietzsche, em Sils-Maria. Por que viviam êles onde viviam? Porque o exigia a fórmula.

O encontro com personalidades faz-nos esbarrar na fórmula seguinte: o homem é uma criatura singular. Todos os primatas são criaturas dotadas de cérebro, mas o do homem não sofre confronto. O "mundo espiritual" é coisa especìficamente humana. Não se pode admitir que o uivo lamentoso da macaca, à vista do filho morto, seja sequer o princípio da nobilitação dessa dor, anos mais tarde, numa nênia como: "Vêde: choram os deuses, choram tôdas as deusas, porque o belo passa e morre a perfeição..." Embora o gibão possa solfejar uma escala, não existe nêle absolutamente nada que possamos reputar o germe duma futura "Nona Sinfonia" ou dum "Lied von der Erde". A ave enamorada oferece uma pena colorida à sua eleita; certo pássaro dos bosques levanta-lhe até uma galeria em cuja moldura enfia flores. Mas em ser algum, excetuado o homem, despontará a idéia de venerar a maternidade, numa imagem de Madona, ou de simbolizar o pensamento, como o fêz Rodin, na figura do seu "Pensador". Poder-se-ia supor que entre os símios — que defendem valentemente a sua habitação, que são cavalheirescos com as suas fêmeas e solícitos com os seus enfermos — se pudesse desenvolver uma moral. Verificamos, porém, positivamente que isto não aconteceu; e temos o direito de apontar documentos quais o Decálogo, o Sermão da Montanha, a Declaração dos Direitos do Homem, como atestados honrosos da ética humana e da arte humana da palavra.

Quem nos dera podermos encerrar aqui o livro com êste panegírico do cérebro humano! Mas a história da natureza não é argumento para discursos em ocasiões solenes. A próxima fórmula — e cá para nós a última — é uma pílula amarga. O cérebro humano, que hospedamos no crânio, não está sòzinho. Atrás do cérebro recente, ou cérebro anterior delicadamente cinzelado, no fundo da abóbada craniana, jaz como um dragão o cérebro primitivo, ou cérebro posterior: o "bruto no homem", o centro dos reflexos, a sede dos instintos e das sensações

obscuras: fome, sêde, fadiga, impulso sexual, instinto de conservação, instinto gregário, todos os intintos englobados na qualificação de "maus", como a vaidade, a inveja, a avareza, a cobiça, a crueldade, a astúcia. Pela posse dêstes dois cérebros o homem é uma criatura contraditória ou — valendo-nos do antigo têrmo eclesiástico "scisma" — um ser "esquizóide". É fenômeno absolutamente único na história do reino animal a existência duma criatura dotada de dois "órgãos intelectuais" opostos. Todos os observadores atilados da natureza humana perceberam essa dualidade, desde Aristóteles, segundo o qual, "o homem é, se o aperfeiçoarmos, o melhor dos animais; e, se o deixarmos entregue a si mesmo, a pior das feras, insaciável e voraz", até Ibsen que disse:

Viver significa combater os fantasmas
Dos poderes obscuros em nós mesmos;
Pensar é submeter a juízo
O nosso próprio eu.

No mundo ocidental, essa natureza dúplice levou à filosofia do "pecado original" e da "redenção"; no Oriente, gerou a doutrina dos sete caminhos para virtudes cada vez mais excelsas e a vitória final sôbre os próprios instintos... Que tragédia — diríamos quase: que caricatura da vida! Eis a criatura chegada ao fim duma série de evoluções; e o que se lhe prega é que subjugue o seu *eu*. Os gregos cultivaram poèticamente a ciência natural; chegaram, dêsse modo, não a fórmulas mas a alegorias. Simbolizaram o esquizóide do homem e a diferença entre o esquizóide homem e o esquizóide mulher, em duas formas fabulosas: o centauro, em cima herói, embaixo cavalgadura; e a sereia cujos lábios cantam, cujos dedos terminam em garras de abutre. Todos nós somos esquizóides; todos — idealistas e materialistas — somos o mesmo ser abnegado e egoísta, condescendente e irredutível, dominador e submisso, generoso e avaro, bom e cruel, sincero e mentiroso — tudo isto, entrelaçado numa teia inextricável em que estamos enredados.

Só quem conhece a fórmula de esquizóide possui a chave para entender, em si próprio e à sua roda, a vida em tôdas as suas contradições gritantes. O assassino não faz uma questão de consciência de partir a marteladas o crânio da velha compassiva que lhe deu pousada, para lhe furtar alguns vinténs. Ao fechar a porta, porém, o olhar cai-lhe no canário; o homicida volta atrás, despeja o cartucho de alpiste e põe uma xícara de água limpa na gaiola. Uma envenenadora, julgada em 1950 na Alemanha, no espaço de quinze anos despachara desta para melhor vida uma dezena de "amigas", com uma xícara de café. O pastor conhecia-a como pessoa caridosa, freqüentadora assídua do templo. Na cadeia, essa mulher empenhava-se em converter à fé as companheiras. Frederico, o Grande, foi prêso por seu pai, pelas suas atividades antimilitaristas. Não podendo ser paladino da paz, tornou-se herói guerreiro; empreendeu guerras de expansão e estimulava os seus soldados, nas batalhas, empunhando o bastão, com a frase que

se tornou clássica: "Pretendem não morrer nunca, "seus" malandros?" Farto de pilhagens, reverteu ao pacifismo. Apesar de rei tirano, convidava à sua mesa os paladinos da liberdade, para discutirem a educação da espécie humana, a abolição da guerra. Isso não o inibiu de urdir com Voltaire, modêlo soberbo de esquizóide, especulações que nada tinham de régias. Sucedeu até que, um belo dia, ausentando-se o filósofo clandestinamente, o Rei da Prússia mandou persegui-lo e revistar-lhe a bagagem, para lhe arrebatar documentos comprometedores.

O esquizóide no homem a poucos preocupou tanto como a Goethe; e poucos como êle o proclamaram tão explìcitamente a natureza inata do homem: "Atribuímos o nosso estado ora a Deus ora ao diabo; e, nos dois casos sentimos que o enigma está em nós mesmos, que somos produto de dois mundos". Goethe era acentuadamente esquizóide. Uma sua contemporânea assim se refere ao jovem Goethe: "Dum dos seus olhos espreitava-se um anjo; do outro, um demônio". Eckermann, na introdução dos "Colóquios", descreve o velho Goethe como homem de duas naturezas completamente diversas, uma digna e serena; a outra genial e demoníaca. "Fausto" é a tragédia do homem esquizóide. Fausto e Mefisto são as personificações dos dois cérebros antagônicos, agindo um contra o outro; escrevendo "Fausto", em que trabalhou, o que é significativo, a vida inteira, Goethe buscava a catarse ou — como diriam os psicólogos modernos — fêz uma auto-análise sublimada. O mesmo homem, que na mocidade se deixava esculpir como Apolo e mais tarde como Zeus, está retratado num quadro a óleo em uniforme oficial, com uma condecoração no peito, na qualidade de "Senhor Conselheiro Secreto". A mesma mão com que êle descreveu a sua arte de seduzir, experimentada numa criada de quarto, a mesma mão que deu à literatura universal a tragédia da donzela seduzida: "Ah! inclina, ó Dolorosa, o teu piedoso semblante para o meu sofrer... Pobres, pobres criaturas!" e faz a sua Margarida receber Fausto no calabouço com estas palavras: "Se és homem, compreende as minhas penas", essa mesma mão ratificou a sentença de morte duma rapariga acusada de ter suprimido o seu filho ilegítimo. Oh, semideus esquizóide!

Bernard Shaw dedicou a vida ao ideal de redimir a sociedade humana das suas fraquezas sociais e morais. Êle próprio não só era interesseiro, mas pouco se lhe dava mostrar que o era. Acumulou uma grande fortuna de que — outra vez, o esquizóide — não soube fazer uso; vivia frugalmente como um monge. Nem mesmo os seus subalternos fiéis e dedicados aproveitaram o que quer que fôsse dessa riqueza. Shaw pagava-lhes, pelo contrário, "salários de fome", contra os quais reclamava nas suas obras. "Êle era o último homem a quem poderia ocorrer a idéia de aumentar ordenados — diz uma sua biógrafa. — Ocupava-se demais de escrever sôbre economia". "Os ideais dos homens estão, em primeiro lugar, no papel" (Bernard Shaw).

Shaw lembra muito Schopenhauer de quem tinha quer o senso crítico acerado e a elegância de expressão, quer a extravagância e o egoísmo mesquinho. O filósofo do pessimismo dormia, com o revólver carregado

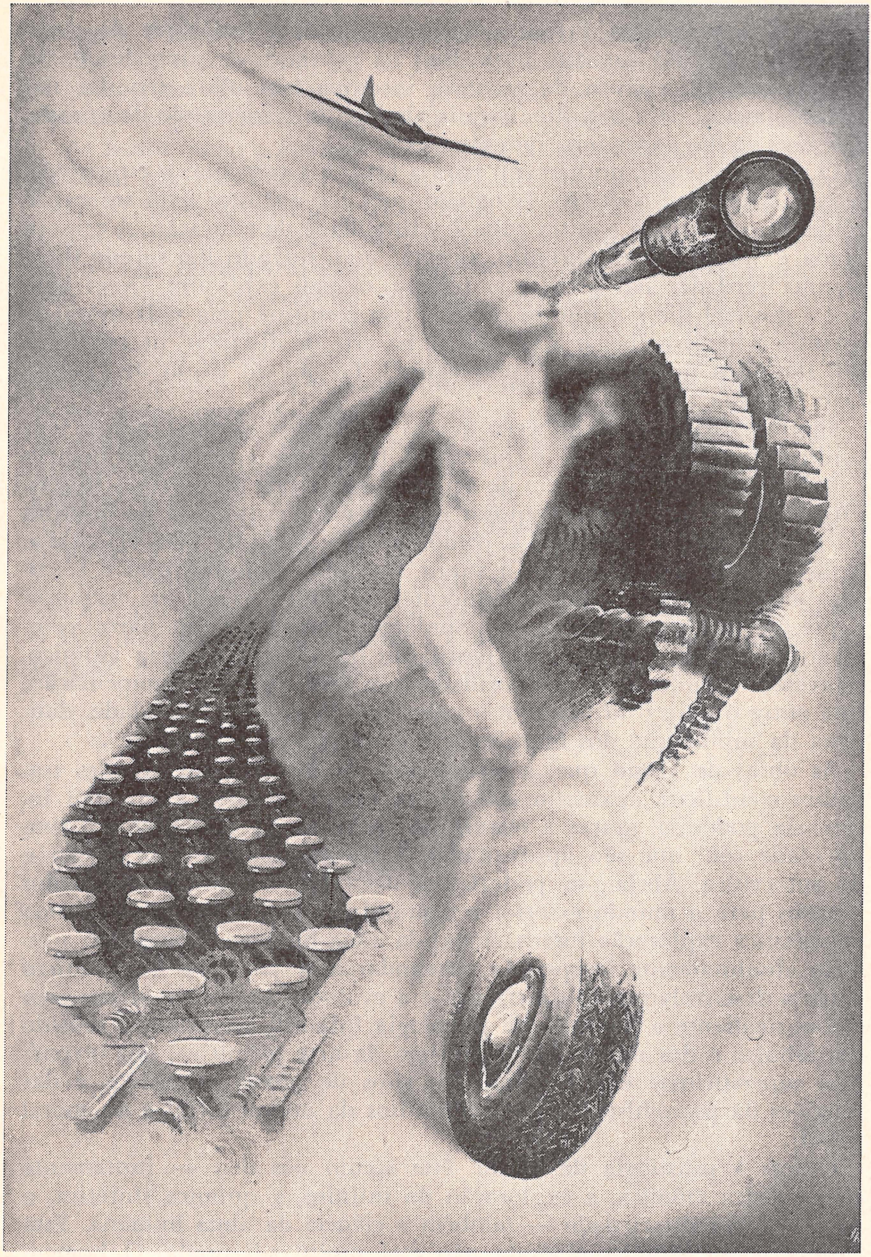


Fig. 249 — "HOMO TECHNICUS".

na mesa de cabeceira. Pregava nos seus escritos a futilidade dos bens materiais; era, no entanto, impiedoso na cobrança de aluguéis; e, no aposento onde escreveu de maneira incomparável sôbre triunfar das paixões, atirou uma inquilina escada abaixo, de maneira tão desastrada, que teve de lhe pagar uma indenização.

O simiesco tende, no homem, para a farsa e a comédia; o esquizóide, para a tragédia e o drama. Ninguém quer ter instintos nem ser esquizóide. Encobrir uma e outra coisa é a finalidade da educação. A criança ainda é "inocente" e, portanto, sincera; mas, quando lhe sucede dizer alguma verdade, mal a visita se retirou, os pais explicam: "Nem sempre é possível dizer o que se pensa". Isso continua pela vida afora; e, quando o homem chegar a ser mestre na arte de disfarçar, na repressão dos impulsos normais, na "compostura", faz jus ao título de "pessoa bem educada".

Sigismundo Freud reconheceu que as impressões juvenis, com os seus conflitos entre "inocência" e convenção, bem como a revolta do homem contra o que a educação tem de artificial são a raiz de nevroses típicas. Freud foi o primeiro em pesquisar exatamente o esquizóide no homem, do ponto de vista moderno; e, como em tôda pesquisa bem orientada, nessa também não tardaram a surgir fórmulas definidas que o psicólogo expressou em têrmos convincentes, fáceis de gravar na memória e que por isso logo se tornaram populares: "complexos familiares; complexo de Édipo, complexo da mutilação na menina, trauma anímico, repressão, complexo de inferioridade e os seus reflexos, compensação, luta entre o *eu* e o *id,* o *ego* e o *super-ego,* ânsia de notoriedade, doutrina da sublimação dos impulsos e dos sonhos, pela atividade"...

As obras de Freud que, à semelhança da maioria dos grandes trabalhos científicos, aparecem sob títulos despretensiosos, exerceram influência poderosa, graças à clareza do raciocínio, à modéstia e à simplicidade com que são apresentadas, à incorrutibilidade da crítica e da autocrítica. Abriam-se, poderíamos dizer literalmente, os olhos dos homens para o mundo exterior e o mundo íntimo e instaurou-se uma entusiástica exploração internacional da alma humana. Como fato acessório absolutamente inesperado, desvendaram-se paralelos biogenéticos entre o desenvolvimento da criança e a evolução da humanidade; com efeito, mediante a pesquisa da psicologia infantil, aclarou-se o sentido das fábulas e dos mitos, do simbolismo da arte primitiva, das cerimônias supersticiosas e fetichistas, dos ritos de povos primitivos e das religiões da proto-história, dos primórdios da ordem social e da moral tribal.

Graças à psicologia de Freud, êste século nos deu — juntamente com a física atômica, a exploração do infinito, a química sintética, a teoria da hereditariedade — também a ciência da alma humana. Esta ciência não é simples e ainda não está muito adiantada. O homem não é uma bôlha de gás cósmico nem uma abelha operária. A pesquisa do átomo é brinquedo de criança, comparada à dificuldade de sondar as profundidades sombrias da alma dúplice do animal semideus, o

homem. Ninguém a formulou mais modestamente do que o próprio Freud. Êle não timbrou em ter razão ou sucesso; quis apenas pesquisar; e deixou aos discípulos tantos problemas por discutir, que êles fornecerão objetos de investigação a várias gerações de cientistas.

Aí temos, pois, a imagem do homem, à luz da ciência moderna: um primata que não é símio nem antropóide, mas um primata de espécie peculiar, meio animal gregário e meio indivíduo solitário, com muitos traços simiescos, alojando no crânio dois cérebros que fazem dêle um esquizóide, incomparàvelmente superior às demais criaturas pelo cérebro recente, e merecendo incontestàvelmente o título de "rei da criação". Nenhum outro ser ergue os olhos para os astros e diz como Kant: "Duas coisas enchem a alma de admiração e reverência tanto maiores, quanto mais e mais intensamente a reflexão se concentrar nelas: *o céu estrelado acima de mim; e a lei moral dentro de mim*". Nenhum outro ser terrestre sonda o passado e propõe ao futuro o quesito eterno: "Donde? Para onde? Para quê?" Criatura alguma sabe calcular os cristais nem admira como êle o coral. Nenhum ser abrange num amor universal os sêres dêste planêta e voa, nas asas da sensibilidade, a grande distância, até à ave-do-paraíso da Nova Guiné, aos peixes luminosos dos abismos oceânicos. É dêle êste globo terrestre. Êle é o pai amoroso de tôdas as criaturas, o guardião de tôda beleza, o sacerdote para quem o mundo é um templo grandioso onde a sua religião é o culto do enigma indecifrável da existência: a *Natureza*.